



**Inês Isabel Moreira  
Pinto**

**Montagem de um sistema de aquisição de dados para  
avaliação de parâmetros energéticos e de conforto no  
ambiente construído**





**Inês Isabel Moreira  
Pinto**

**Montagem de um sistema de aquisição de dados para  
avaliação de parâmetros energéticos e de conforto no  
ambiente construído**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, realizada sob a orientação científica do Doutor António José Barbosa Samagaio, Professor Associado c/ Agregação do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro.



## **O júri**

Presidente

**Doutor Mário Miguel Azevedo Cerqueira**

Professor Auxiliar do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro

Orientador

**Doutor António José Barbosa Samagaio**

Professor Associado c/ Agregação do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro

Arguente

**Doutor Romeu da Silva Vicente**

Professor Associado do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro



## **Agradecimentos**

Ao Professor António Samagaio, pelo seu apoio, por toda a aprendizagem que me possibilitou nestes longos meses de trabalho.

À empresa FFonseca, em particular ao Engenheiro Sérgio Gonçalves e ao João Margaça, por toda a ajuda na estruturação do *software*, sem ela não seria possível.

Aos meus amigos de todas as horas, obrigada por não me deixarem cair. Em especial à Carolina e Rita.

Aos meus pais e irmão, por sempre acreditaram em mim, pelo apoio incondicional, pela força incansável nos momentos menos bons. A eles dedico este trabalho.





## Palavras-chave

Sistema de aquisição de dados; *upgrade*; *software*; *EZ Data Logger*; sensores; célula de teste.

## Resumo

A avaliação de parâmetros energéticos no ambiente construído apresenta, cada vez mais, relevância em diversas áreas, uma vez que os Seres Humanos, atualmente, passam grande parte do seu tempo em sítios fechados.

A presente dissertação tem como principal objetivo o *upgrade* de um sistema de aquisição de dados para avaliação de parâmetros energéticos no ambiente construído. Deste modo foi necessária uma caracterização do sistema existente, bem como, das suas limitações.

Tendo em vista um uso funcional do sistema de aquisição de dados são apresentadas as alterações realizadas ao mesmo, como, por exemplo aquisição de novos sensores de temperatura (termopares), aquisição de uma caixa de transporte e acondicionamento de modo a torná-lo portátil, etc. Para um uso mais funcional, prático e acessível a todos, elaborou-se um manual de utilizador do sistema de aquisição de dados.

Uma vez que, o sistema de aquisição de dados estava alocado a uma estrutura já existente, a célula de teste, foi necessário caracterizar e apresentar soluções para o uso mais eficiente deste local, tendo em vista a continuação dos estudos que aí se realizam.



**Keywords**

Data acquisition system, upgrade, software, EZ Data Logger, sensors, the teste cell.

**Abstract**

Increasingly, the analysis of energetic parameters in the built environment has shown relevance in several fields, once, nowadays, human beings spend most of their time in enclosed spaces.

Therefore, the goal of this dissertation is to upgrade a data acquisition system for energetic parameters analysis in the built environment. This way, it was necessary to characterize the existing system as well as its limitations.

In view of a more functional use of the data acquisition system, some changes were made. For instance, the obtainment of new temperature sensors (thermocouples), the obtainment of a transportation and packaging box, to make it portable, among others. With the effort to make it practical and accessible to everyone, it was also elaborated a user manual of the upgraded data acquisition system.

Since this system was allocated to an already existing structure, the test cell, new solutions were presented to enable a more efficient management of the place, in view of the continuity of the researches made there.



# Índice

<b>Lista de Figuras .....</b>	<b>xv</b>
<b>Lista de Tabelas.....</b>	<b>xix</b>
<b>Lista de abreviaturas .....</b>	<b>xxi</b>
<b>1. Introdução.....</b>	<b>1</b>
1.1. Objetivo .....	4
1.2. Metodologia.....	4
1.3. Estrutura do trabalho.....	5
<b>2. Caracterização do sistema de aquisição de dados existente .....</b>	<b>7</b>
2.1. Sensores .....	7
2.1.1. Sensores interiores.....	8
2.1.2. Sensores exteriores.....	13
2.2. Sistema de monitorização .....	17
<b>3. Alterações realizadas no sistema de aquisição de dados existente .....</b>	<b>21</b>
3.1. Termopares .....	21
3.2. Novos sensores .....	24
3.3. Caixa de transporte e acondicionamento .....	25
3.4. Instalação e reorganização do <i>software</i> .....	28
<b>4. Célula de teste .....</b>	<b>33</b>
4.1. Caraterização da célula de teste .....	33
4.1.1. Estrutura principal.....	35
4.1.2. Fachada envidraçada .....	36
4.1.3. Parede divisória .....	36
4.1.4. Pavimento.....	37
4.1.5. Cobertura.....	37
<b>5. Propostas de alterações na célula de teste .....</b>	<b>39</b>
5.1. Reabilitação da célula de teste .....	39
5.2. Alteração da localização .....	41
5.3. Sistemas de sombreamento .....	43
5.4. Sistemas de ventilação .....	46
<b>6. Manual de utilizador do novo sistema de aquisição de dados .....</b>	<b>47</b>
<b>7. Conclusões e desenvolvimentos futuros .....</b>	<b>59</b>

<b>8. Bibliografia.....</b>	<b>61</b>
<b>Anexo A- Instalação do <i>Driver</i> de comunicação.....</b>	<b>65</b>
<b>Anexo B- Opção de visualização em tempo real ‘Layout’ do <i>software</i>. ....</b>	<b>69</b>

# Lista de Figuras

<b>Figura 1.1.</b> Gráfico de consumo de energia elétrica por tipo de consumo, desde 1994 até 2015, em Portugal segundo PORDATA (2018). ....	2
<b>Figura 1.2.</b> Esquema sintetizado do funcionamento de um sistema de aquisição de dados....	3
<b>Figura 2.1.</b> Exemplo da utilização de um sensor num sistema de recolha e armazenamento de dados (Hansman, 1999). ....	7
<b>Figura 2.2.</b> Uma das duas sondas Jumo 907021/21, utilizada no interior da célula de teste (Monteiro, 2014). ....	9
<b>Figura 2.3.</b> Um dos dois fluxímetros Hukseflux HFP01, utilizados no interior da célula de teste (Monteiro, 2014). ....	10
<b>Figura 2.4.</b> Doze sondas Pt100, utilizadas no interior da célula de teste, (Monteiro, 2014)...	11
<b>Figura 2.5.</b> Sonda HD 9008 TR, localizada o exterior da célula de teste, (Monteiro, 2014)...	13
<b>Figura 2.6.</b> Piranómetro localizado sobre a cobertura da célula de teste (Monteiro, 2014)....	15
<b>Figura 2.7.</b> Anemómetro de hélice, localizado no exterior da célula de teste (Monteiro, 2014). ....	16
<b>Figura 2.8.</b> Sistema de monitorização, localizado na célula de teste (Monteiro, 2014). ....	17
<b>Figura 2.9.</b> Interface gráfica do <i>software EZ Data Logger</i> , no seu estado inicial. ....	19
<b>Figura 3.1-</b> Gráfico com a gama de temperaturas dos sensores de temperatura, enfatizando RTD e termopar tipo K (FFONSECA, 2017). ....	23
<b>Figura 3.2.</b> Novo anemómetro. ....	24
<b>Figura 3.3.</b> Nova sonda HD 9008 TR: (a) Suporte exterior; (b) Suporte exterior mais o Termo higrómetro (sensor capacitivo de humidade e a sonda Pt100). ....	24
<b>Figura 3.4.</b> Nova sonda Jumo 907021 / 21: (a) vista frontal; (b) vista lateral. ....	25
<b>Figura 3.5.</b> Novo piranómetro, LP PYRA 03: (a) vista de topo; (b) vista frontal. ....	25
<b>Figura 3.6-</b> Caixa de transporte e acondicionamento para o sistema de aquisição de dados (METCASE, 2017). ....	26
<b>Figura 3.7.</b> Esboço para a perfuração da face frontal da caixa de transporte e acondicionamento. ....	26
<b>Figura 3.8.</b> Resultado final da face frontal da caixa de transporte e acondicionamento. ....	28
<b>Figura 3.9.</b> Vista da face posterior da caixa de transporte e acondicionamento, com indicação da entrada USB, do LED e da fonte de alimentação. ....	28
<b>Figura 3.10.</b> Interface gráfica do <i>software</i> com os grupos estabelecidos. ....	30
<b>Figura 3.11.</b> <i>Layout</i> do <i>software</i> para as sondas de temperatura e humidade relativa no interior. ....	31

<b>Figura 4.1.</b> Localização da célula de teste. Imagem retirada do <i>Google Earth</i> .....	33
<b>Figura 4.2.</b> Célula de teste (Monteiro, 2014).....	34
<b>Figura 4.3.</b> Dimensionamento da célula de teste, utilizando o <i>software AutoCad</i> , (as unidades apresentadas estão em metros). ....	35
<b>Figura 4.4.</b> Parede da célula de teste orientada a norte, com indicação do posicionamento e dimensões das portas presentes nesta parede .....	36
<b>Figura 4.5.</b> Camadas que constituem o pavimento da célula de teste: (a) perfil de chapa galvanizado; (b) material isolante; (c) tela de <i>Vinílico Traviata</i> . ....	37
<b>Figura 4.6.</b> Camadas que constituem a cobertura da célula de teste: (a) camada exterior; (b) camada intermedia; (c) camada interior.....	38
<b>Figura 5.1.</b> Estado atual da célula de teste: (a) interior do compartimento de estudos; (b) Exterior da célula de teste.....	39
<b>Figura 5.2.</b> Imagem de uma das portas da célula de teste sem puxador.....	40
<b>Figura 5.3.</b> Imagem do estado do pavimento no interior da célula de teste.....	40
<b>Figura 5.4.</b> Imagem do estado atual da parede divisória dos dois compartimentos da célula de teste. ....	41
<b>Figura 5.5.</b> Imagens da condição da célula de teste: (a) vista de todo o terreno envolvente; (b) vista frontal da fachada envidraçada da célula de teste.....	42
<b>Figura 5.6.</b> Dois vidros partidos encostados a uma parede da célula de teste. ....	42
<b>Figura 5.7.</b> <i>Layout</i> da chapa sugerida para o sombreamento da célula de teste, utilizando o <i>software AutoCad</i> . ....	44
<b>Figura 5.8.</b> <i>Layout</i> da pala sugerida para o sombreamento da célula de teste, recorrendo ao <i>software AutoCad</i> . ....	45
<b>Figura 6.1.</b> Sistema de aquisição de dados: (a) face frontal; (b) face posterior. ....	47
<b>Figura 6.2.</b> Interface gráfica do <i>software</i> .....	49
<b>Figura 6.3.</b> ‘Device State’, estado do equipamento, que nos indica o funcionamento dos módulos eletrónicos do sistema de aquisição de dados, na interface gráfica do <i>software</i> .....	49
<b>Figura 6.4.</b> Grupos de sensores, presentes no <i>software EZ Data Logger</i> , que operam no interior: (a) Sondas Pt100; (b) Termopares; (c) Fluxímetros; (d) Sondas interior de temperatura e humidade relativa. ....	50
<b>Figura 6.5.</b> Grupo de sensores, no <i>software EZ Data Logger</i> , que operam no exterior. ....	50
<b>Figura 6.6.</b> Janela de configuração do <i>software</i> . ....	51
<b>Figura 6.7.</b> Exemplo de um gráfico de <i>Gauge</i> , que se pode obter na opção ‘Gauge’, para acompanhar em tempo real os valores medidos pelos sensores. ....	54
<b>Figura 6.8.</b> Exemplo de um gráfico tendência, que se pode obter na opção ‘Trend’, para acompanhar em tempo real os valores medidos pelos sensores. ....	54



<b>Figura 6.9.</b> Exemplo de uma de visualização da opção 'Layout', neste caso das sondas Pt100, para acompanhar em tempo real os valores medidos pelos sensores. ....	55
<b>Figura 6.10.</b> Configuração da base de dados do <i>software EZ Dara Logger</i> . ....	56

<b>Figura A.1.</b> Representação esquemática do primeiro passo. ....	65
<b>Figura A.2.</b> Representação esquemática do segundo passo. ....	66
<b>Figura A.3.</b> Representação esquemática do terceiro passo. ....	66
<b>Figura A.4.</b> Representação esquemática do quarto passo. ....	67

<b>Figura B. 1.</b> Opção de visualização de dados em tempo real 'Layout' para as sondas Pt100. ....	69
<b>Figura B. 2.</b> Opção de visualização de dados em tempo real 'Layout' para termopares. ....	69
<b>Figura B. 3.</b> Opção de visualização de dados em tempo real 'Layout' para fluxímetros. ....	70
<b>Figura B. 4.</b> Opção de visualização de dados em tempo real 'Layout' para sonda de temperatura e humidade relativa no interior. ....	70
<b>Figura B. 5.</b> Opção de visualização de dados em tempo real 'Layout' para sensores de exterior, sonda de temperatura e humidade relativa no exterior, anemómetro e piranómetro. ....	70



# Lista de Tabelas

<b>Tabela 2.1.</b> Composição do Sistema de aquisição de dados no interior da célula de teste. ....	8
<b>Tabela 2.2.</b> Dados técnicos relativos às sondas Jumo 907021/21 (Me & Regelgeräte, 2012)	10
<b>Tabela 2.3.</b> Características dos fluxímetros Hukseflux HFP01, (Hukseflux Thermal Sensors, 2016).....	11
<b>Tabela 2.4.</b> Composição do sistema de aquisição de dados no exterior da célula de teste...	13
<b>Tabela 2.5.</b> Características do sensor de temperatura e humidade relativa, sonda HD 9008TR (Delta OHM, 2013). ....	14
<b>Tabela 2.6.</b> Características do piranómetro, LP PYRA 03 de 2ª classe, (Delta OHM, 2000). ....	15
<b>Tabela 2.7.</b> Dados técnicos do anemómetro que constitui o sistema de aquisição de dados (Darrera, 2011). ....	16
<b>Tabela 2.8-</b> Composição do Sistema de monitorização.....	18
<b>Tabela 3.1.</b> Comparação entre as principais características das termorresistências e dos termopares (FFONSECA, 2017). ....	22
<b>Tabela 3.2.</b> Nomenclatura utilizada para cada sensor no <i>software EZ Data Logger</i> . ....	30
<b>Tabela 6.1.</b> Descrição do comando ‘System Config’ do <i>software</i> .....	51
<b>Tabela 6.2.</b> Descrição dos comandos ‘Simulation’ e ‘Stop’ do <i>software</i> .....	52
<b>Tabela 6.3.</b> Descrição dos comandos ‘Start’, ‘Pause’, ‘StopRecord’ e ‘Stop’, do <i>software</i> .....	53
<b>Tabela 6.4.</b> Descrição do comando ‘Open Database’ do <i>software</i> .....	56
<b>Tabela 6.5.</b> Descrição do comando ‘Group Setup’ do <i>software</i> .....	57
<b>Tabela 6.6.</b> Descrição dos comandos ‘About’ e ‘Exit’ do <i>software</i> .....	58



# Lista de abreviaturas

AVAC	<u>A</u> quecimento, <u>V</u> entilação e <u>A</u> r <u>C</u> ondicionado
LED	<u>L</u> ight <u>E</u> miting <u>D</u> iode
PVC	<u>P</u> oly <u>v</u> inyl <u>c</u> hloride
RCCTE	<u>R</u> egulamento das <u>C</u> aracterísticas do <u>C</u> omportamento <u>T</u> érmico dos <u>E</u> difícios
REH	<u>R</u> egulamento do Desempenho <u>E</u> nergético dos Edifícios de <u>H</u> abitação
REHS	<u>R</u> egulamento de Desempenho <u>E</u> nergético dos Edifícios de Comércio e <u>S</u> erviços
RSECE	<u>R</u> egulamento dos <u>S</u> istemas <u>E</u> nergético e <u>C</u> limatização dos <u>E</u> difícios
RTD	<u>R</u> esistive <u>T</u> emperature <u>D</u> etectors
SCE	<u>S</u> istema Nacional de <u>C</u> ertificação <u>E</u> nergético
USB	<u>U</u> niversal <u>S</u> erial <u>B</u> us



# 1.Introdução

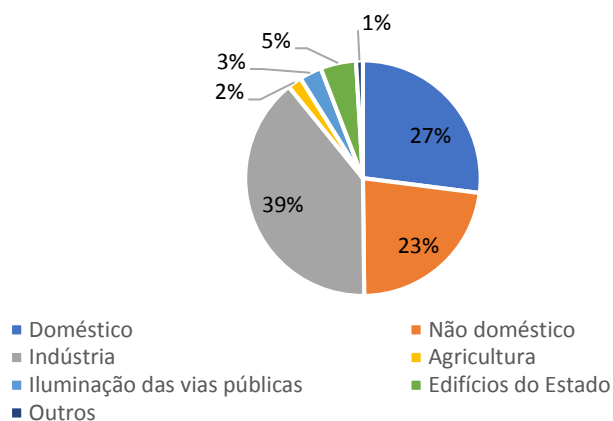
O desenvolvimento económico e social condiciona e obriga a sociedade a permanecer mais tempo 'sobre quatro paredes'. De forma generalizada, um trabalhador disponibiliza oito (Anacleto, 2007) horas do seu dia a trabalhar, maioritariamente, dentro de edificações. Das restantes horas, entende-se que, pelo menos dez horas representam as atividades associadas à habitação (dormir, comer, lazer). Compreende-se que, as atividades desenvolvidas no exterior, representam uma reduzida percentagem no dia-a-dia do ser humano, aumentando a importância das condições dos ambientes interiores a que o ser humano é exposto, quer na sua habitação ou no local de trabalho.

As condições de conforto no interior dos edifícios estão diretamente relacionadas com o tipo de materiais utilizados na construção da envolvente (Rodrigues, 2011). O grau de conforto habitacional é medido pela capacidade de captação de radiação solar na estação de aquecimento (Inverno), em que existe uma maior necessidade de energia. Enquanto que, na estação de aquecimento (Verão) a superfície exposta à luz solar deve ser reduzida, uma vez que, existe a necessidade de dissipar o calor (Carvalho, 2013). O termo conforto térmico é definido pela ISO 7730 que o descreve como um estado de espírito que expressa a satisfação com o ambiente que envolve o indivíduo.

Segundo os dados da plataforma PORDATA, realizou-se um gráfico representado na Figura 1.1, onde estão compilados os valores de consumo de energia elétrica por tipo de consumo (kWh) no período de 1994 até 2015, em Portugal. Verifica-se que os sectores de maior consumo abrangem o sector industrial, com uma percentagem de 39%, seguido pelo sector doméstico, com 27%, e o sector não doméstico, com 23%.

A obtenção de energia pode advir de fontes renováveis como ar, água, vento, ou através de fontes não renováveis como petróleo, carvão e o gás natural. A utilização de recursos não renováveis é um tema com elevado destaque na atualidade. O efeito nefasto refletido no ambiente e no ser humano, causado pela utilização frequente das energias não renováveis, tem alertado e impulsionado a implementação de diversas medidas para que se utilize, cada vez mais, a energia renovável.

**Consumo de energia elétrica por tipo de consumo (kWh)  
desde 1994 até 2015 em Portugal**



**Figura 1.1.** Gráfico de consumo de energia elétrica por tipo de consumo, desde 1994 até 2015, em Portugal segundo PORDATA (2018).

Os efeitos causados ao ambiente devido à utilização exaustiva de recursos não renováveis levou ao aparecimento de um conceito que se tornou fundamental à atualidade, o de eficiência energética (Rodrigues, 2011). A eficiência energética é estabelecida por (Rodrigues, 2011) como a otimização/racionalização que se pode aplicar ao consumo de energia. Este conceito baseia-se na implementação de estratégias e medidas para combater o desperdício de energia, desde a aquisição de recursos energéticos até à utilização de energia.

O setor doméstico e o não doméstico (edifícios comerciais e de bens e serviços) representam, conjuntamente, uma elevada percentagem de consumo de energia, onde os equipamentos destinados à climatização dos edifícios contribuem negativamente, e em grande escala, para este elevado consumo.

De forma a caminhar para a otimização da utilização de energia em edifícios foram criadas e implementadas várias medidas asseguradas por documentos legais, como Decretos-Lei e Diretivas, com intuito de aumentar o desempenho energético dos edifícios. Assim sendo, a Diretiva 2002/91/CE referente ao desempenho energético dos edifícios, transposta em 2006 para a ordem jurídica nacional, constituída por três Decretos-Lei, o Decreto-Lei n.º 78/2006 de 4 de abril, o Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 de abril e o Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de abril.

O Decreto-Lei n.º 78/2006 de 4 de abril corrobora o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE) e estabelece princípios tendo em

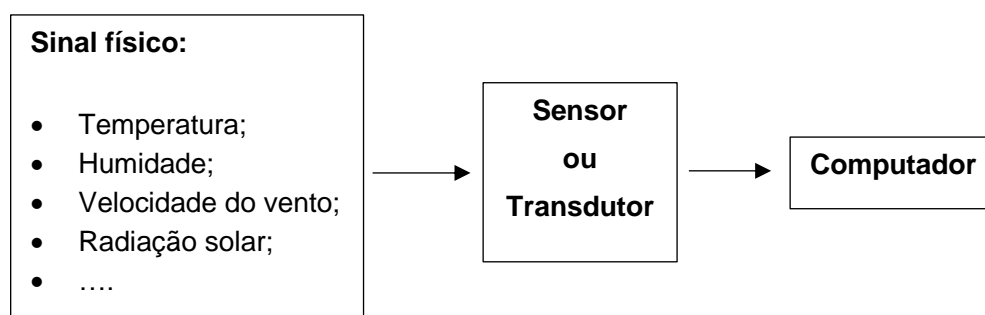


vista a diminuição das necessidades energéticas, a continuação da utilização de energias renováveis, entre outros. O Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 de abril aprova o Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE), que assenta no uso racional de energia, na qualidade dos equipamentos instalados, entre outros. Por fim o Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de abril que define o Regulamento das Caraterísticas do Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) e apoia-se, essencialmente, em medidas que permitam melhorar as condições de conforto no interior dos edifícios, como aumentar a qualidade térmica envolvente com recurso a um isolamento térmico e a vidros duplos, entre outros.

A Diretiva 2002/91/CE consiste no Desempenho Energético dos Edifícios, que foi revista pela Diretiva 2010/31/EU, que por sua vez, foi transposta pelo Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de março que aprova o Regulamento de desempenho Energético dos edifícios de Habitação (REH), o Regulamento de desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (REHS) e ainda o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE).

Tendo em vista a eficiência energética, é necessário estudar quais os melhores materiais a utilizar na construção de edifícios, assim como o seu desempenho consoante as ações do meio exterior. Para isso, recorre-se a células de teste que simulam pequenas habitações, tornando-se possível monitorizar as condições atmosféricas e analisar a influência que estas têm em determinados materiais ou equipamentos construtivos que, normalmente, se encontram em ambiente construído.

A monitorização das condições atmosféricas exteriores e do ambiente interior é possível com recurso a um sistema de aquisição de dados, que tem como principal objetivo a medição de sinais físicos do mundo real. Antes que um sinal físico possa ser medido por um sistema baseado em computador, deve-se utilizar um sensor ou transdutor para converter o sinal físico num sinal elétrico, tal como uma diferença de potencial ou uma corrente. (McConnell & Jernigan, 2003). Na Figura 1.2 está representado um esquema sintetizado do funcionamento do sistema de aquisição de dados.



**Figura 1.2.** Esquema sintetizado do funcionamento de um sistema de aquisição de dados.

Com a utilização de sistemas de aquisição automatizados é possível obter dados em tempo real de melhor qualidade e maior quantidade e a sua aplicabilidade abrange diversas áreas. É necessário frisar que existem mais componentes associadas ao funcionamento do sistema de aquisição de dados, no entanto a presente dissertação foca-se nas que foram apresentadas/ destacadas. O sistema de aquisição de dados consiste em sensores que monitorizam a temperatura, humidade relativa, velocidade do vento, radiação solar, os seus respetivos módulos elétricos, bem como um *software* adequado (*EZ Data Logger*) que regista e armazena os dados monitorizados.

## **1.1. Objetivo**

O principal objetivo da presente dissertação é o *upgrade* de um sistema de aquisição de dados, utilizado na célula de teste da Universidade de Aveiro, tornando-o portátil e aumentando a quantidade e qualidade dos sensores associados ao equipamento. Após o *upgrade* do sistema de aquisição de dados, consta também do objetivo da dissertação a elaboração de um manual de utilizador do novo sistema de aquisição de dados, atendendo às atualizações.

## **1.2. Metodologia**

Para se atingir os objetivos da presente dissertação, a metodologia utilizada assentou essencialmente em quatro etapas. A primeira etapa baseou-se na recolha e revisão da bibliografia relativa ao estado de arte em aquisição e processamento de dados em tempo real. A etapa que se procedeu consiste na identificação dos equipamentos necessários à atualização do sistema de aquisição de dados, assim como à revisão do equipamento existente, de modo a identificar os que serão necessários substituir. A terceira etapa consiste na montagem de todas as componentes do sistema de aquisição de dados e a programação do *software* utilizado. A quarta e última etapa assenta na elaboração de um manual de utilizador do sistema de aquisição de dados.

### 1.3. Estrutura do trabalho

A presente dissertação está dividida em sete capítulos. No primeiro capítulo é feito um enquadramento ao tema, sendo também indicados os objetivos deste estudo. No segundo é apresentada a caracterização do sistema de aquisição de dados existente, isto é, os sensores constituintes, os respetivos módulos e o *software* utilizado. O terceiro capítulo enumera as alterações que foram realizadas ao sistema de aquisição de dados, isto é, o *upgrade* a que o sistema foi sujeito, e ainda apresenta a reorganização do *software*. O quarto capítulo assenta na caracterização detalhada dos elementos estruturais que constituem a célula de teste e, o quinto, apresenta propostas de alteração à célula de teste, de modo a que a sua utilização não apresente qualquer tipo de inconveniente. O sexto capítulo, apresenta o manual de utilizador do novo sistema de aquisição de dados, de forma a que a sua utilização seja facilitada a qualquer utilizador. Por fim, no último capítulo, é feita uma conclusão de todo o trabalho realizado e destacam-se as sugestões para trabalhos futuros.



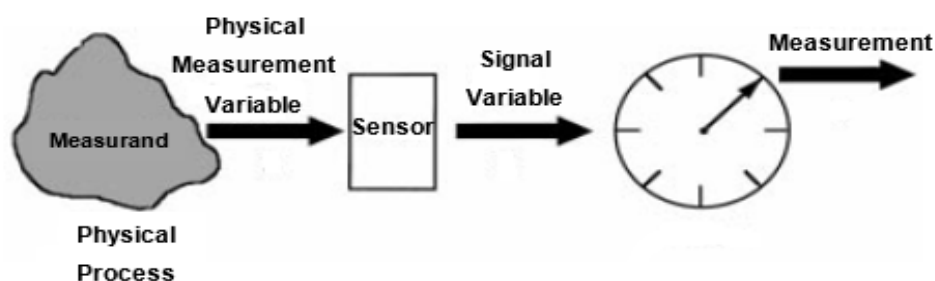
## 2.Caracterização do sistema de aquisição de dados existente

Este capítulo assenta na caracterização do sistema de aquisição de dados existente utilizado na célula de teste. Dado o principal objetivo da presente dissertação, *upgrade* do sistema existente, primeiramente é necessário conhecer todas as suas componentes e propriedades.

O sistema de aquisição de dados existente é composto por diversos sensores que medem diversos parâmetros, tanto no interior como exterior da célula de teste. No interior o sistema inclui sensores que registam a temperatura, humidade relativa e o fluxo de calor. No exterior o sistema é capaz de medir a humidade relativa, a velocidade do vento e a radiação solar global. Neste capítulo serão abordados, detalhadamente, os sensores, o sistema de monitorização e o *software* incorporado no sistema de aquisição de dados.

### 2.1. Sensores

Um sensor é um dispositivo que recebe um estímulo e responde com um sinal elétrico, isto é, tem como finalidade responder a qualquer tipo de propriedade física de entrada (estímulo) e convertê-lo num sinal elétrico compatível com os circuitos elétricos (Fraden, 2004). A saída do sinal do sensor pode ser exibida, gravada ou usada como um sinal de entrada para algum dispositivo ou sistema secundário (Hansman, 1999). Na Figura 2.1 está representado um esquema que exemplifica a utilização de um sensor num sistema de recolha e armazenamento de dados.



**Figura 2.1.** Exemplo da utilização de um sensor num sistema de recolha e armazenamento de dados (Hansman, 1999).

Diversos autores definem sensores como sendo transdutores, enquanto que para Jacob Fraden (2004) o termo sensor e transdutor deve ser distinguido, defendendo que um transdutor é um conversor de um tipo de energia para outro, por exemplo um altifalante, que converte um sinal elétrico num campo magnético variável e, por sua vez, em ondas acústicas. Enquanto que um sensor é um tradutor de um valor geralmente não elétrico para um valor elétrico. Quando se refere ao termo “elétrico” o que se pretende dizer é que um sinal pode ser canalizado, amplificado e modificado por dispositivos eletrónicos.

Os sensores podem ser caracterizados em dois tipos: passivos e ativos. Um sensor passivo não precisa de uma fonte de energia adicional e gera diretamente um sinal elétrico em resposta a um estímulo externo. A maioria dos sensores passivos são sensores diretos, isto é, convertem um estímulo num sinal elétrico. Os sensores ativos, requerem energia externa para o seu funcionamento que se denomina de sinal de excitação (Fraden, 2004).

Seguidamente serão abordados os sensores que fazem parte do sistema de aquisição de dados. Estão divididos consoante a sua localização no local de estudo (célula de teste), isto é, no seu interior ou exterior.

### 2.1.1. Sensores interiores

A componente interior do sistema de aquisição de dados, que se localiza na célula de teste, é composta por duas sondas Jumo 907021/21, dois fluxímetros Hukseflux HFP01 e por doze sondas Pt100. A Tabela 2.1 apresenta a composição do sistema de aquisição de dados no interior da célula de teste, assim com os parâmetros que são medidos por cada sensor.

**Tabela 2.1.** Composição do Sistema de aquisição de dados no interior da célula de teste.

<b>Sensores no interior</b>	<b>Parâmetro medido</b>
<b>Sonda Jumo 907021/21</b> (2 unidades)	Temperatura interior (° C) Humidade relativa no interior (%HR)
<b>Fluxímetro Hukseflux HFP01</b> (2 unidades)	Fluxo de calor (W m <sup>-2</sup> )
<b>Sondas Pt100</b> (12 unidades)	Temperatura interior (° C)

O sistema de aquisição de dados é composto por duas sondas Jumo 90721/21, utilizadas no interior da célula de teste. Cada sonda Jumo é composta por dois sensores, uma sonda Pt100 e um sensor capacitivo de humidade, cujo o principal objetivo é medir a temperatura e a humidade relativa no interior da célula de teste. Ambos os sensores devem trabalhar dentro de determinados intervalos para garantirem a certeza da medição. Assim sendo as condições de funcionamento são compreendidas nos seguintes intervalos,  $[-5; 50] ^\circ\text{C}$  para a sonda Pt100 e  $[20; 90] \% \text{HR}$  para o sensor capacitivo de humidade (Me & Regelgeräte, 2012). Na Figura 2.2, está apresentada uma das sondas Jumo 907021/21, utilizadas no interior da célula de teste.



**Figura 2.2.** Uma das duas sondas Jumo 907021/21, utilizada no interior da célula de teste (Monteiro, 2014).

Para uma correta utilização destes sensores é necessário conhecer e atender às suas especificações. Na Tabela 2.2 são apresentados os dados técnicos das sondas Jumo 90702/21, de acordo com o seu fabricante.

**Tabela 2.2.** Dados técnicos relativos às sondas Jumo 907021/21 (Me & Regelgeräte, 2012)

Dados técnicos		
Humidade		
Saída 0...100%HR	0-10V	RL>10kOhm
	4-20mA	RL<500 Ohm (dois fios)
Gama de medição	20...90%RH	
Precisão a 20°C	± 3%HR (40...60%HR); ± 5%HR (faixa de trabalho)	
Temperatura		
Saída 0...50°C	0-10V	RL>10kOhm
	4-20mA	RL<500 Ohm (dois fios)
Precisão a 20°C	± 0,5 °C	
Geral		
Saída de tensão	15-35 VDC	24 VAC ± 20%
Saída atual	20-35 VDC para RL <500 Ohm	11-35 VDC para RL <50 Ohm
Corrente de alimentação	Typ. 15 mA para saída de tensão	
Compatibilidade eletromagnética	EN 61000-6-1	EN 61326-1+ A1 + A2
	EN 61000-6-3	-
Gama de temperatura	Em trabalho: -5...+50°C	Em armazenamento: -30...+60°C

Deve-se ter em conta que, estas sondas, são projetadas para as aplicações AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado), pois são altamente precisas, mantêm a estabilidade a longo prazo e têm boa resistência química.

O sistema de aquisição de dados permite a medição do fluxo de calor em ( $\text{W m}^{-2}$ ) através de dois fluxímetros Hukseflux HFP01, que se encontram no interior da célula de teste. A Figura 2.3 apresenta um dos dois fluxímetros, utilizados no interior da célula de teste.



**Figura 2.3.** Um dos dois fluxímetros Hukseflux HFP01, utilizados no interior da célula de teste (Monteiro, 2014).



Estes sensores são os mais utilizados no que diz respeito à medição do fluxo de calor a nível do solo, paredes e envelopes de construção. As suas principais características estão associadas à baixa resistência térmica, alta sensibilidade e elevada robustez (Hukseflux Thermal Sensors, 2016). Na Tabela 2.3 estão compiladas as características dos sensores.

**Tabela 2.3.** Características dos fluxímetros Hukseflux HFP01, (Hukseflux Thermal Sensors, 2016).

<b>Especificações HFP01</b>	
Sensibilidade (nominal)	50 ( $\mu\text{V W m}^{-2}$ )
Amplitude térmica	-30 a +70 ( $^{\circ}\text{C}$ )
Resistência térmica do sensor	$<6.25 \cdot 10^{-3}$ ( $\text{km}^2 \text{W}^{-1}$ )
Gama	-2000 a +2000 ( $\text{W m}^{-2}$ )
Precisão típica esperada	Dentro de [+5; -15] % (totais de 12 horas) na maioria dos solos comuns. Dentro de [+5; -5] % nas paredes.

A medição da temperatura no interior da célula de teste é realizada através de doze sondas Pt100. A Figura 2.4 apresenta as doze sondas Pt100 utilizadas no interior da célula de teste.



**Figura 2.4.** Doze sondas Pt100, utilizadas no interior da célula de teste, (Monteiro, 2014).

As sondas Pt100 também são conhecidas como termorresistências ou RTD (*Resistive Temperature Detectors*), isto é, são sensores de temperatura constituídos por metais de resistência elétrica com elevado coeficiente de temperatura, (FFONSECA, 2017). A sigla 'Pt' deriva de platina e corresponde à composição do metal utilizado no sensor de temperatura de

resistência. Existem outros metais utilizados na composição das termorresistências, como cobre ou níquel. Contudo, a platina é a escolha mais adequada, sendo que este metal é quimicamente inerte, suporta bem a oxidação e funciona também numa faixa de temperatura mais alta (Liu *et al.*, 2010).

As termorresistências são apresentadas pelo metal que as constitui e pela resistência que apresentam aos 0 °C, por exemplo, Pt100, Pt1000 e NI500. De acordo com o guia técnico de sondas de temperatura realizado pela empresa FFONSECA (2017), o sinal de saída dos sensores RTD é obtido em resistência elétrica ( $\Omega$ ) e é necessário fazer a conversão da resistência elétrica para um sinal elétrico (tensão) de modo a que a leitura e conversão para temperatura seja possível.

O método de conversão mais comum baseia-se na utilização de uma fonte de corrente contínua que vai criar uma tensão aos terminais das termorresistências proporcional à temperatura, neste processo não devem ser ignorados os erros associados à medição. Estes erros podem ser erros por auto aquecimento, ou erros associados à resistência dos fios. No entanto, existem métodos que minimizam os erros associados à medição de temperatura utilizando uma sonda Pt100, que se baseiam na utilização de fios de compensação (FFONSECA, 2017).

Existem três métodos de medição de temperatura utilizados pelas termorresistências: (i) medição a dois fios (sem compensação), (ii) medição a três fios (compensação simples) e (iii) medição a quatro fios (compensação dupla) (FFONSECA, 2017). O método de medição utilizado pelas sondas Pt100 que constituem o sistema de aquisição de dados é o método de compensação simples (ii), isto é, método de medição a três fios.

Este método é o mais utilizado na indústria e baseia-se no acréscimo de um fio que permite determinar com alguma exatidão a resistência dos fios de ligação. Posteriormente o equipamento de medição faz a compensação da resistência, minimizando os erros (FFONSECA, 2017).

A medição mais exata da temperatura pode ser obtida através do uso da sonda Pt100, numa gama de temperatura de -254.3 °C até +850 °C, com uma resistência típica de 100 $\Omega$  a 0 °C (Radetic *et al.*, 2015). Segundo Rusby (2012), as sondas Pt100 tem uma sensibilidade de aproximadamente 0,4 mV/ °C, que permite obter uma boa resolução de temperatura. A precisão da medição pode alcançar os 0,01 °C numa faixa limitada de temperaturas igual - 100 °C a + 250 °C. Quando a temperatura se verifica superior aos 600 °C a precisão diminui. Conclui-se que acima desta temperatura, a utilização de sondas Pt100 não é recomendável

(Rusby, 2012). Uma das principais vantagens na utilização destes sensores reside na ausência de perdas de carga, sendo assim o cabo pode ser extenso que não afetará o valor medido.

### 2.1.2. Sensores exteriores

Como mencionado anteriormente, no sistema de aquisição de dados estão incorporados sensores que medem parâmetros relativamente ao ambiente exterior. Na Tabela 2.4. está apresentada a composição do sistema de aquisição de dados no exterior da célula de teste.

**Tabela 2.4.** Composição do sistema de aquisição de dados no exterior da célula de teste.

Sensores no exterior	Parâmetro medido
<b>Sonda HD 9008 TR</b> (1 unidade)	Temperatura exterior ( $^{\circ}\text{C}$ ) Humidade relativa no exterior (%HR)
<b>Piranómetro</b> (1 unidade)	Radiação solar global ( $\text{W m}^{-2}$ )
<b>Anemómetro</b> (1 unidade)	Velocidade do vento ( $\text{m s}^{-1}$ )

A sonda HD 9008 TR mede a temperatura e humidade relativa no exterior, como é mencionado na Tabela 2.4. À semelhança das sondas Jumo 907021/21, esta sonda é composta por dois sensores, um que mede a humidade relativa no exterior, nomeadamente, o sensor de humidade capacitivo, e uma sonda Pt100 que mede a temperatura no exterior. Na Figura 2.5 está representada a sonda HD 9008 utilizada no exterior da célula de teste.



**Figura 2.5.** Sonda HD 9008 TR, localizada o exterior da célula de teste, (Monteiro, 2014).

A escolha destas sondas para a medição de parâmetros meteorológicos deve-se ao facto de existirem inúmeras vantagens na sua utilização, tais como, uma boa linearidade, insensibilidade às mudanças de temperatura, um tempo de resposta rápido e uma vida útil prolongada (Delta OHM, 2013). De forma a caracterizar pormenorizadamente, as sondas HD 9008 TR apresenta-se a Tabela 2.5 que compila todas as suas características.

**Tabela 2.5.** Características do sensor de temperatura e humidade relativa, sonda HD 9008TR (Delta OHM, 2013).

<b>Dados técnicos</b>	
Temperatura de funcionamento eletrónica	-40...+80°C
Temperatura de trabalho do sensor	-40...+80°C
Fonte de alimentação do transmissor	7...30Vdc (4...20mA)
Capacidade	300pFtyp.
<b>Humidade</b>	
Gama de medição	5...98%HR
Precisão a 20°C	±2%RH (5 a 90%RH) ±2,5%RH (para os restantes valores do intervalo)
Tempo de resposta a 63% da variação final	3 min. com filtro; 6s sem filtro
Sinal de saída	0%HR = 4,0mA; 100%HR = 20,0mA
Resistência de carga	$R_{Lmax} = ((V_{dc} - 7) / 22mA)$
<b>Temperatura</b>	
Faixa de medição- configuração padrão	-40...+80°
Precisão	± 0,1C° ± 0,1% da medição
Tempo de resposta a 63% da variação final	60s com filtro; 5s sem filtro
Sinal de saída	-40°C = 4mA +80°C = 20,0mA
Resistência de carga	$R_{Lmax} = ((V_{dc} - 7) / 22mA)$
<b>Dimensões</b>	
Dimensões	26 x 225mm
Comprimento máximo	200m
Secção mínima do fio	20AWG – 0,5 mm <sup>2</sup>
Diâmetro máximo do cabo	5mm

Na Figura 2.6 está representado o piranómetro LP PYRA 03 de 2ª classe. Este dispositivo integra o sistema de aquisição de dados, que possibilita a mediação da radiação solar global, em  $\text{W m}^{-2}$ , no exterior da célula de teste.



**Figura 2.6.** Piranómetro localizado sobre a cobertura da célula de teste (Monteiro, 2014).

Este equipamento foi projetado para ser utilizado sob todas as condições meteorológicas e segue as especificações da ISO 9060 (Delta OHM, 2000). Na Tabela 2.6, são apresentadas as características do piranómetro LP PYRA 03 de 2ª classe.

**Tabela 2.6.** Características do piranómetro, LP PYRA 03 de 2ª classe, (Delta OHM, 2000).

Dados técnicos	LP PYRA 03 de 2ª classe
Sensibilidade típica	$10 \mu\text{V} / (\text{Wm}^{-2})$
Impedância	$33\Omega \div 45\Omega$
Intervalo de medição	$0 \dots 2000 \text{ Wm}^{-2}$
Campo de visão	$2\pi \text{ sr}$
Campo espectral	$350\text{nm} \div 2800\text{nm Wm}^{-2} (50\%)$
Temperatura de funcionamento	$-40^{\circ}\text{C} \div 80^{\circ}\text{C}$

Para uma avaliação de parâmetros energéticos no ambiente construído, é necessário conhecer a velocidade do vento. Para esse efeito, o sistema de aquisição de dados apresenta um anemómetro em hélice. Este sensor está representado na Figura 2.7, rodeado pelo círculo vermelho e mede a velocidade do vento em módulo em  $(\text{m s}^{-1})$ .



**Figura 2.7.** Anemómetro de hélice, localizado no exterior da célula de teste (Monteiro, 2014).

Existem várias tipologias de anemómetros, o anemómetro em hélice, o anemómetro ultrassónico, anemómetro de fio quente, anemómetro de tubo de *Pitot* e anemómetro de copos. As vantagens de utilização do anemómetro em hélice, ao invés dos restantes, baseiam-se essencialmente nos baixos custos de implementação e do consumo de energia, o que torna o equipamento economicamente viável. O anemómetro utilizado no sistema de aquisição de dados mede com precisão o componente horizontal da velocidade do vento. O alcance e a precisão do sensor foram testados num túnel de vento, que garante o seu bom desempenho. É feito de componentes de alto grau, resistentes a ventos extremos, e inclui um cabo de 10 metros de comprimento e um parafuso de fixação (Darrera, 2011). Na Tabela 2.7 apresentam-se os dados técnicos do anemómetro que constitui o sistema de aquisição de dados.

**Tabela 2.7.** Dados técnicos do anemómetro que constitui o sistema de aquisição de dados (Darrera, 2011).

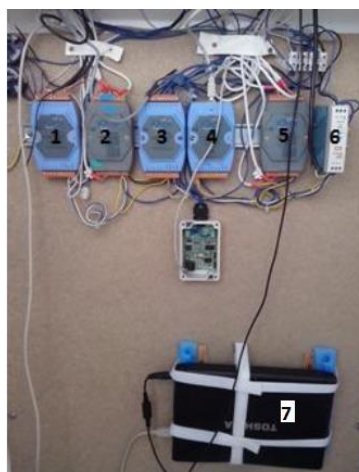
Dados técnicos	Anemómetro
Gama	0,4 a 40 m/s
Resolução	0,1 m/s
Precisão	$\pm 3\%$
Sinal de saída	Interruptor Reed ou 4 a 20mA
Temperatura de funcionamento	-20° a 70°C
Material	Plástico ABS resistente a UV
Dimensões	$\varnothing$ 60 x 60 mm
Peso	270 g

Este tipo de anemómetro pode ser utilizado numa enorme variedade de aplicações que requerem a monitorização da velocidade do vento a baixo custo, como sistemas de alarme, sistemas de ar condicionado, chaminés, equipamentos portáteis, agricultura, iates e veleiros (Darrera, 2011).

## 2.2. Sistema de monitorização

O sistema de monitorização tal como os sensores interiores e exteriores, incorpora o sistema de aquisição de dados. É o sistema de monitorização que permite a análise da informação registada pelas sondas e sensores.

Para se obter a informação, recolhida pelos sensores do sistema de aquisição de dados, utilizam-se vários módulos recetores que processam e convertem os valores registados pelas sondas em informação, que por sua vez é armazenada num computador portátil com recurso ao *software EZ Data Logger Basic*. A Figura 2.8 representa o sistema de monitorização utilizado pelo sistema de aquisição de dados, que se localiza no interior da célula de teste.



**Figura 2.8.** Sistema de monitorização, localizado na célula de teste (Monteiro, 2014).

De um modo geral, o sistema de monitorização é composto por cinco módulos, quatro deles são módulos de aquisição de dados das sondas e o restante é um módulo conversor. O sistema é ainda composto por uma fonte de alimentação e um computador portátil onde toda a informação é armazenada. A Tabela 2.8 descreve os componentes do sistema de monitorização em concordância com a numeração da Figura 2.8.

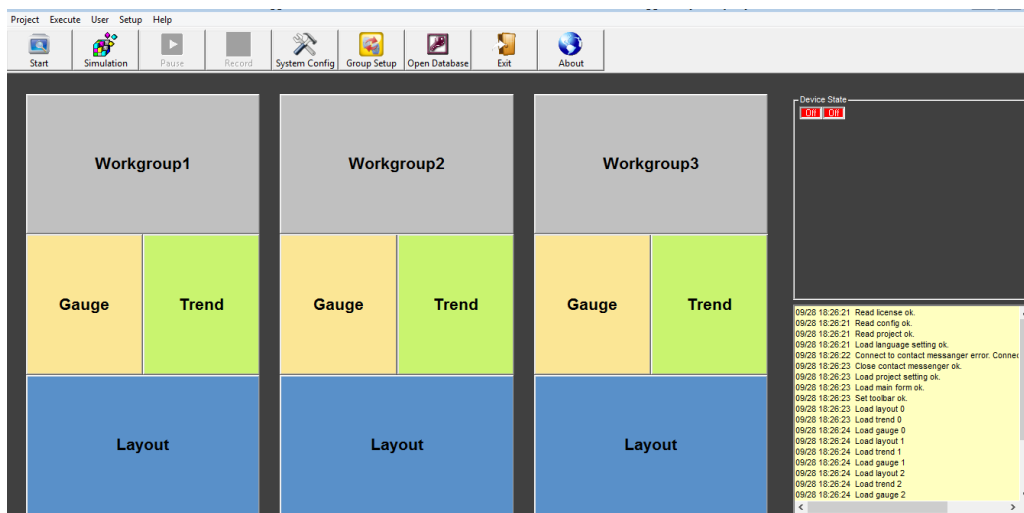
**Tabela 2.8-** Composição do Sistema de monitorização.

Número	Componentes
1	Módulo de aquisição de dados das sondas HD 9008 TR e Jumo 907021/21
2	Módulo de aquisição de dados das sondas Pt100
3	Módulo de aquisição de dados dos fluxímetros
4	Módulo conversor RS485 para USB
5	Módulo de aquisição de dados das sondas Pt100
6	Fonte de alimentação
7	Computador portátil

O equipamento do sistema de monitorização está incorporado numa caixa metálica de grande dimensão, forrada com placas de poliestireno expandido sem encaixe, para que as elevadas temperaturas registadas no interior da célula de teste, não danifiquem o sistema.

Para um completo uso do sistema de monitorização é necessário um *software* adequado. O utilizado é o *EZ Data Logger*, que é uma ferramenta gratuita e de fácil interpretação, pois é possível reorganizá-lo com base no nosso sistema de aquisição de dados sem conhecimento aprofundado no que respeita à programação. *EZ Data Logger* é um *software* de registo e aquisição de dados, analisados a partir de um computador. É capaz de registar vários tipos de informação como, temperaturas, correntes elétricas, tensão, vibrações, tempos, intensidades de luz, pressões entre outras. A Figura 2.9 ilustra a interface gráfica do *software* sem qualquer tipo de alteração, isto é, quando se faz o *download* do *software* é o que se obtém.





**Figura 2.9.** Interface gráfica do *software EZ Data Logger*, no seu estado inicial.

Nesta dissertação será explicado como se procedeu à instalação do *software EZ Data Logger*, bem como a conexão entre os sensores e o *software*. Será também abordado toda a reorganização da respetiva interface gráfica, para que se assemelhe o quanto possível ao nosso sistema de aquisição de dados.



### 3. Alterações realizadas no sistema de aquisição de dados existente

O principal objetivo desta dissertação é a realização de um *upgrade* no sistema de aquisição de dados existente. Contudo para atingir o objetivo principal é necessário conhecer as capacidades e limitações do sistema de aquisição de dados existente. De modo a apresentar soluções que aumentem a sua eficiência e o seu grau de aplicabilidade.

O sistema de aquisição de dados foi utilizado para a elaboração de vários estudos académicos, o que levou a um elevado desgaste do equipamento. De modo a verificar o funcionamento de cada sensor e o seu respetivo módulo eletrónico, recorreu-se à empresa FFONSECA. Após a revisão, a empresa, verificou que uma das sondas Pt100 se encontrava danificada e era necessário ser substituída. De forma a complementar a funcionalidade do sistema de aquisição de dados foram adquiridos desasseies termopares e os respetivos módulos eletrónicos, e uma caixa de transporte e acondicionamento para que o sistema passe de fixo para portátil. Neste capítulo são apresentadas as alterações ao sistema de aquisição de dados existente.

#### 3.1. Termopares

Um termopar é um sensor de temperatura, constituído por dois materiais diferentes ou semicondutores, ligados entre si. O funcionamento destes sensores baseia-se no efeito de *Seebeck*, isto é, a junção de dois materiais metálicos diferentes cria uma tensão proporcional à diferença de temperatura entre os terminais e a junção. A esta tensão dá-se o nome de tensão de *Seebeck* (FFONSECA, 2017).

Estes sensores conseguem medir temperaturas desde dos -200 °C até temperaturas superiores a 1000 °C. As vantagens da utilização dos termopares baseiam-se nas inúmeras características destes sensores, tais como, os curtos tempos de resposta (o equilíbrio térmico é atingido rapidamente), as elevadas gamas de temperatura, a construção compacta, a elevada resistência à vibração, a estabilidade duradoura e a elevada robustez. Existem vários tipos de termopares que são identificados através de letras (T, J, K, E, N, R, S, B). A aplicação de cada um deles depende de vários fatores, sendo a atmosfera (ambiente) e a gama de temperatura os principais (Anacleto, 2007).

O tipo de termopar escolhido para incorporar o sistema de aquisição de dados foi o tipo K, a sua tensão de *Seebeck* é igual a  $41 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ . Este tipo de termopar tem uma boa tolerância a atmosferas húmidas e ricas em oxigénio. Contudo, para atmosferas pobres em oxigénio e sulfurosas, a sua tolerância é baixa.

A gama de temperaturas em que o sensor opera depende do tipo de medição, isto é, se esta for realizada de forma contínua ou em curtos períodos. Caso a medição seja de forma contínua, a gama de temperatura deve ser compreendida entre  $0^\circ\text{C}$  e os  $+1100^\circ\text{C}$ . Enquanto que na medição em períodos curtos a gama verificada é de  $-180^\circ\text{C}$  a  $+135^\circ\text{C}$  (FFONSECA, 2017).

Uma vez que o sistema de aquisição de dados é equipado com dois tipos de sensores que medem a temperatura, é pertinente analisar-se de uma forma comparativa as características de ambos os sensores. Para tal, a Tabela 3.1, contempla uma comparação entre termorresistências e os termopares de forma generalista.

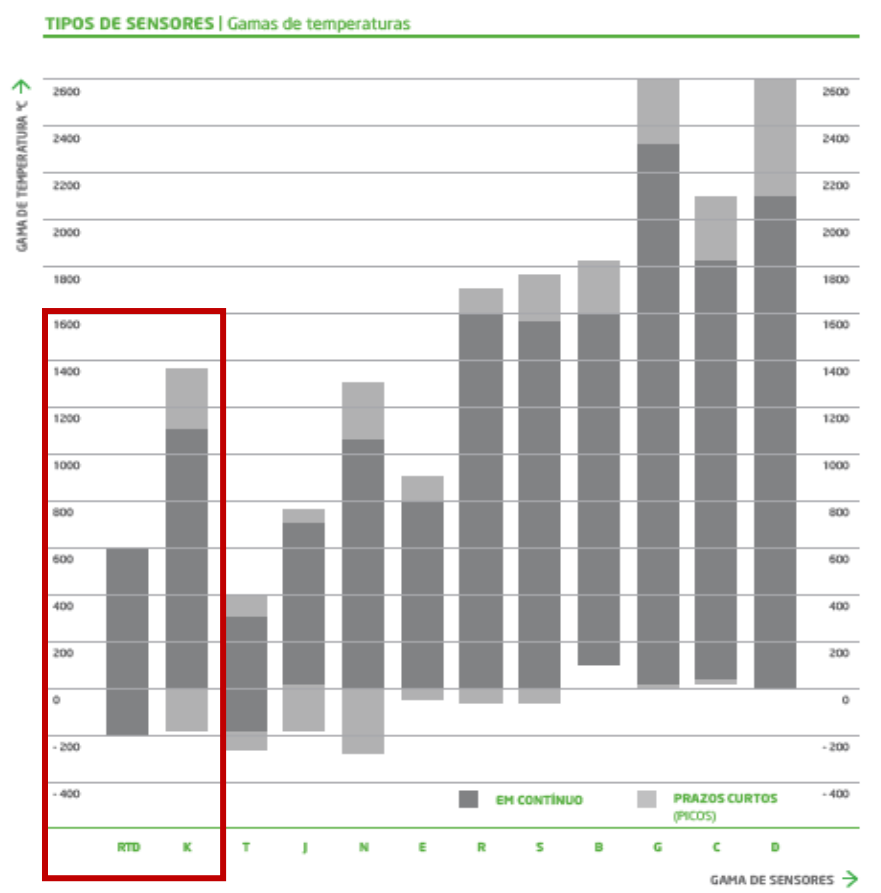
**Tabela 3.1.** Comparação entre as principais características das termorresistências e dos termopares (FFONSECA, 2017).

Características	Termorresistências	Termopar
Pressão	X	
Exatidão	X	
Alta Temperatura		X
Baixa Temperatura	X	
Linearidade	X	
Medição em ar/gás		X
Imunidade ao ruído	X	
Imunidade à vibração/choques		X
Tempo de resposta		X
Estabilidade	X	

A escolha do tipo de sensor a utilizar deve ter em conta vários parâmetros. A precisão, exatidão, a gama de temperatura, o tempo de resposta e a estabilidade dos sensores são alguns destes parâmetros.

Deste modo, a utilização das termorresistências é preferível quando se pretende uma medição com maior precisão, exatidão, linearidade e estabilidade. São ainda consideradas uma melhor escolha quando a temperatura é mais baixa, e/ou há a presença de ruído. Por sua vez, os termopares conseguem operar a elevadas temperaturas, em ar e gás, não são afetados pelas vibrações e choques e o seu tempo de resposta é mais rápido do que as termorresistências.

No gráfico da Figura 3.1 está representada a gama de temperaturas a que cada sensor opera. Cerca de 60% das medições de temperatura na indústria são realizadas por sondas termopar, 30 a 35% por termorresistências (Pt100 são as mais utilizadas) e o restante por outros sensores (FFONSECA, 2017).



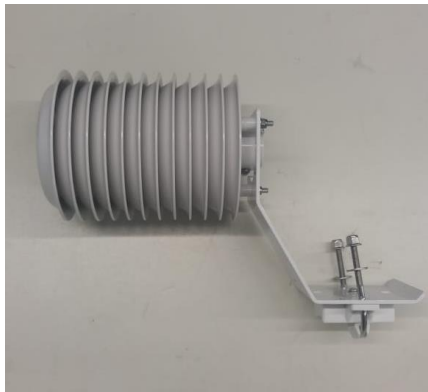
**Figura 3.1-** Gráfico com a gama de temperaturas dos sensores de temperatura, enfatizando RTD e termopar tipo K (FFONSECA, 2017).

### 3.2. Novos sensores

Na realização da presente dissertação ocorreram inúmeros imprevistos, que levaram à necessidade de aquisição de novos sensores tais como, anemômetro em hélice da marca Darrera, representado na Figura 3.2, uma sonda HD9008 TR ilustrada na Figura 3.3, duas sondas Jumo 907021/21, uma das sondas está apresentada na Figura 3.4, e um piranômetro representado na Figura 3.5.



**Figura 3.2.** Novo anemômetro.

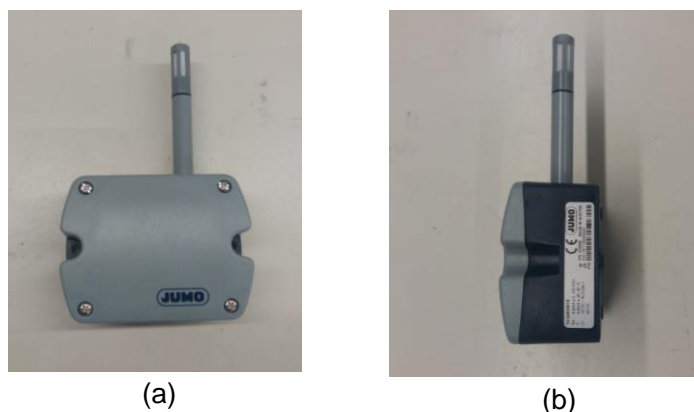


(a)



(b)

**Figura 3.3.** Nova sonda HD 9008 TR: (a) Suporte exterior; (b) Suporte exterior mais o Termo higrômetro (sensor capacitivo de humidade e a sonda Pt100).



**Figura 3.4.** Nova sonda Jumo 907021 / 21: (a) vista frontal; (b) vista lateral.



**Figura 3.5.** Novo piranómetro, LP PYRA 03: (a) vista de topo; (b) vista frontal.

É de salientar que os equipamentos adquiridos são exatamente iguais aos que contemplavam o sistema existente.

### **3.3. Caixa de transporte e acondicionamento**

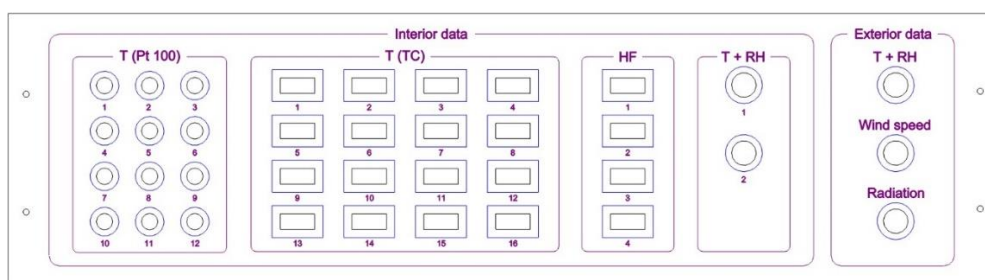
O *upgrade* do sistema focou-se essencialmente em converter o sistema fixo para um sistema portátil, esta conversão será uma mais valia para a aplicabilidade deste sistema, uma vez que, não estará sujeito a um local fixo, podendo ser transportado para qualquer lugar, por qualquer indivíduo como uma mala de mão. Esta alteração é possível através da aquisição de uma caixa de transporte e acondicionamento da marca Metcase com o modelo M6019315. A

Figura 3.6 representa a caixa de transporte e acondicionamento para o sistema de aquisição de dados.



**Figura 3.6-** Caixa de transporte e acondicionamento para o sistema de aquisição de dados (METCASE, 2017).

No interior da caixa de transporte e acondicionamento encontram-se os módulos eletrónicos respetivos a cada sensor. Na face frontal da caixa localizam-se as entradas para todos os sensores. A disposição das entradas foi devidamente estudada, de modo a se manter um padrão, foi necessário realizar um esboço, devidamente cotado, de forma a facilitar a perfuração a *laser*. A Figura 3.7 representa o esboço para a perfuração da face frontal da caixa de transporte e acondicionamento.



**Figura 3.7.** Esboço para a perfuração da face frontal da caixa de transporte e acondicionamento.

Como se pode verificar, a disposição das entradas dos sensores está dividida em dois grandes grupos, 'Interior data' e 'Exterior data', optou-se por diferenciar os sensores que operam no interior e exterior. De modo a facilitar a utilização e compreensão do sistema de



aquisição de dados, os sensores estão ainda divididos por categorias e, por sua vez, numerados.

As categorias referem-se aos parâmetros medidos por cada sensor, isto é, temperatura, taxa de transferência de calor, temperatura e humidade relativa, velocidade do vento e a radiação solar global. Tendo o sistema dois tipos de sensores que medem a temperatura no interior, as sondas Pt100 e os termopares, é necessário diferenciá-los em subcategorias. Para a designação da categoria, relativa à temperatura, optou-se pela letra 'T' proveniente da palavra *Temperature*, e como subcategoria utilizou-se 'Pt100' e 'TC' que corresponde à abreviatura da palavra *ThermoCouple*, que em português significa termopar.

A categoria representada por 'HF', corresponde aos fluxímetros, uma vez que o parâmetro medido por eles é a transferência de calor, que em inglês se designa *Heat Flux*. É necessário salientar que o sistema de aquisição de dados contém dois fluxímetros, mas existem quatro entradas para estes sensores. Aquando da realização desta dissertação não se achou pertinente a obtenção de mais sensores, contudo o sistema está equipado para operar com quatro, quando assim for necessário.

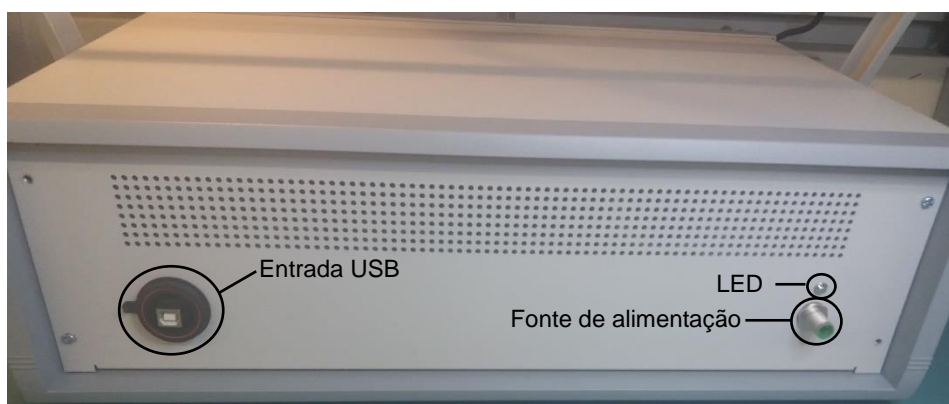
A nomenclatura 'T + RH' é utilizada para classificar as sondas que medem a temperatura ('T', *Temperature*) e a humidade relativa ('RH', *Relative Humidity*). O sistema contempla dois tipos de sondas que o fazem, as duas sondas Jumo 907021/21 e a sonda HD 9008 TR pertencem a grupos diferentes, isto é, 'Interior data' e 'Exterior data' respetivamente.

Em relação ao grupo 'Exterior data', existem três categorias a 'T + RH', 'Wind speed' e 'Radiation'. Como mencionado anteriormente, a categoria 'T+RH' refere-se à sonda HD 9008 TR. Relativamente à 'Wind speed', que em português significa velocidade do vento remete ao anemómetro, sensor que mede a velocidade do vento. Por último a 'Radiation' caracteriza o piranómetro, uma vez que o parâmetro medido por este sensor é a radiação solar global. Na Figura 3.8 está apresentado o resultado final da face frontal da caixa de transporte e acondicionamento.



**Figura 3.8.** Resultado final da face frontal da caixa de transporte e acondicionamento.

De salientar que a alimentação se localiza na face posterior da caixa, juntamente com a entrada USB e um LED, que tem como propósito informar se o sistema de aquisição está ligado ou não, na Figura 3.9 está apresentada a face posterior da caixa de transporte e acondicionamento com a indicação da entrada USB , do LED e da fonte de alimentação.



**Figura 3.9.** Vista da face posterior da caixa de transporte e acondicionamento, com indicação da entrada USB, do LED e da fonte de alimentação.

### 3.4. Instalação e reorganização do *software*

Para um correto funcionamento do sistema de aquisição de dados é necessário um suporte que registre os parâmetros medidos. O mais usual é um computador comum, que contenha um *software Data Logger*. O sistema de aquisição de dados existente contemplava um computador com um *software* adequado, contudo, quando foi feita a verificação de todas

as componentes do sistema, este não constava. O que levou à necessidade da instalação e estruturação do *software* e respetiva interface gráfica de forma a assemelhar-se ao sistema de aquisição de dados.

O processo de instalação e reorganização da interface gráfica, não era possível sem a colaboração da empresa FFonseca, que assistiu toda a montagem e assemblagem do sistema, nomeadamente o Engenheiro Sérgio Gonçalves e o João Margaça.

Após a instalação dos programas necessários ao funcionamento do *software*, procedeu-se à ligação do sistema de aquisição de dados com os respetivos sensores ao computador, de forma a introduzir todos os sensores no *software*. Para uma fácil utilização optou-se por dividir os sensores em cinco grupos, o primeiro grupo refere-se às sondas Pt100, o segundo aos termopares, o terceiro aos fluxímetros, o quarto à sonda interior de temperatura e humidade relativa e o quinto aos sensores de exterior.

Foi necessário estabelecer uma nomenclatura para cada grupo e, por sua vez, para cada sensor. A estratégia adotada consistiu em introduzir um prefixo, distinguindo os sensores que operam no interior dos de exterior. Assim sendo, foi acrescentado o prefixo 'ID' aos sensores interiores, derivado das palavras *Interior Data* e o prefixo de 'ED' de *Exterior Data* para os sensores exteriores.

Seguido do prefixo acrescentou-se o parâmetro que cada sensor mede, isto é, 'T' para *Temperatura*, 'HF' para transferência de fluxo de calor (*Heat Flux*), 'T+RH' para *Temperatura e Humidade Relativa*, 'WS' para velocidade do vento (*Wind Speed*) e 'RADIATION' para a radiação solar global. Dada a existência de dois tipos de sensores, que medem a temperatura, nomeadamente as Pt100 e os termopares, foi necessário acrescentar 'Pt100' e 'TC' (*ThermoCouple*) à nomenclatura destes sensores. Na Tabela 3.2, está apresentada a nomenclatura utilizada para cada sensor no *software EZ Data Logger*.

**Tabela 3.2.** Nomenclatura utilizada para cada sensor no *software EZ Data Logger*.

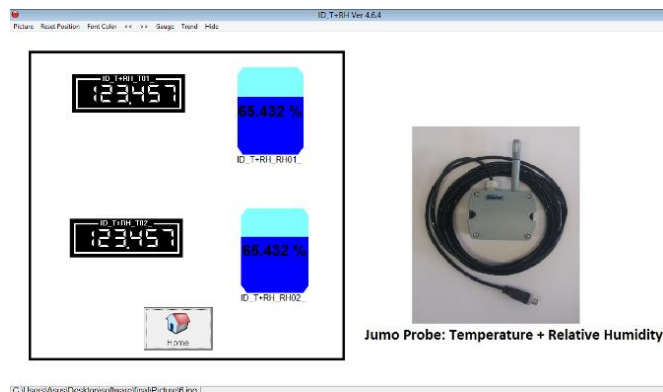
Grupo	Nomenclatura
Pt100	ID_T_Pt100_01 a ID_T_Pt100_12
Termopares (Thermocouples)	ID_T_TC_01 a ID_T_TC_16
Fluxímetros	ID_HF_01 a ID_HF_04
Sonda interior de temperatura e humidade relativa	ID_T+RH_01 e ID_T+RH_02
Exterior Data	ED_T+RH_01; ED_WS; ED_RADIATION

Após se estabelecer os cinco grupos de sensores, automaticamente, aparecem na interface gráfica do *software*. A Figura 3.10 apresenta a interface gráfica do *software* com os grupos estabelecidos.



**Figura 3.10.** Interface gráfica do *software* com os grupos estabelecidos.

De forma a facilitar a utilização do *software* no momento da medição, optou-se por acrescentar uma fotografia de cada sensor no *layout* de cada grupo. Na Figura 3.11, está apresentado o *layout* das sondas de temperatura e humidade relativa no interior. O *Layout* dos restantes sensores está apresentado no Anexo B- Opção de visualização em tempo real 'Layout' do *software*.



**Figura 3.11.** Layout do software para as sondas de temperatura e humidade relativa no interior.

O *software* contém uma vasta gama de opções para amostrar os valores medidos em tempo real, no entanto, as escolhidas variaram entre os amostradores digitais com três casas decimais, fundo preto e letras brancas, e os amostradores que indicam a percentagem. Os amostradores de fundo preto foram utilizados para todos os sensores, exceto as sondas interiores e a sonda exterior de temperatura e humidade relativa, visto que a humidade relativa é apresentada em percentagem (%). Sendo assim, optou-se por um amostrador que apresentasse os valores em percentagem como se pode verificar na Figura 3.11.



## 4. Célula de teste

A célula de teste é um compartimento utilizado para a realização de vários estudos académicos, onde é possível monitorizar as condições atmosféricas e analisar a influência que estas condições têm em determinados materiais ou equipamentos, que normalmente se encontram em ambiente construído. Neste capítulo será realizada a caracterização aprofundada da célula de teste.

### 4.1. Caraterização da célula de teste

A célula de teste localiza-se no Campus da Universidade de Aveiro próximo da Ponte Pedonal sobre o Esteiro de São Pedro. Para a eficiente utilização da célula de teste é necessário conhecer com exatidão a sua localização, tendo como coordenadas  $40^{\circ} 62.8090' N$  e  $8^{\circ} 65.6594' W$  com fachada envidraçada orientada sul. Na Figura 4.1 é apresentada a localização da célula de teste.



**Figura 4.1.** Localização da célula de teste. Imagem retirada do *Google Earth*.

O posicionamento da célula de teste no terreno foi minucioso, uma vez que a sua orientação é a ideal para os estudos de conforto térmico no seu interior, tendo a fachada envidraçada orientada a sul. Dado que receberá um maior nível de radiação solar do que as fachadas com outras orientações. Sendo que no verão pode ser facilmente protegida dessa mesma radiação e, no inverno o percurso do sol é vantajoso para esta orientação, uma vez que o percurso se efetua para azimutes muito próximos do sul geográfico (Gonçalves & Graça,

2004). A célula de teste encontra-se localizada num local despovoado, onde não existem edifícios nem árvores, de modo a que não seja afetada pelo sombreamento.

Na Figura 4.2 apresenta-se a célula de teste. Tem como dimensões externas 7,000 m de comprimento, 2,350 m de largura e 2,580 m de altura, o que perfaz uma área total de 16,45 m<sup>2</sup>, com pé direito interior e exterior de 2,275 m e 2,570 m, respetivamente. O volume útil interior é aproximadamente de 37,40 m<sup>3</sup>. A área interna da célula de teste é igual a 5,170 m<sup>2</sup>, que é dividida em dois compartimentos de igual dimensão, com o objetivo de se manter um dos compartimentos de referência para os estudos realizados.

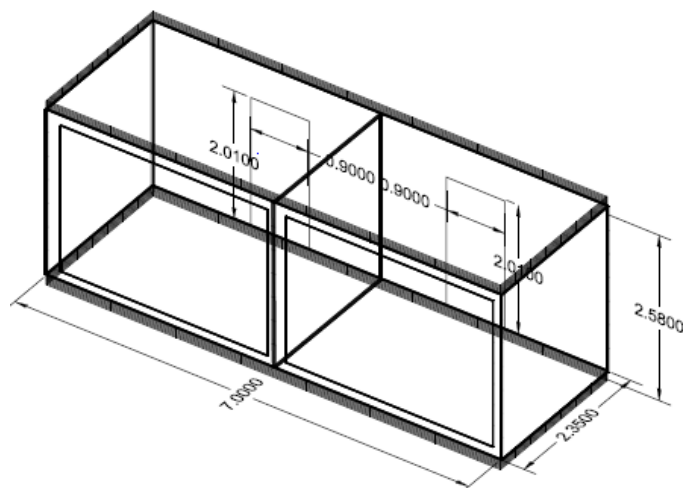


**Figura 4.2.** Célula de teste (Monteiro, 2014).

Como se pode visualizar na Figura 4.2 a célula de teste não contempla um sistema de proteção solar, nem um sistema de ventilação no seu interior, levando a um sobreaquecimento na estação de arrefecimento, nomeadamente o verão. É considerada uma desvantagem, pois as temperaturas registadas, no interior, não são as esperadas numa habitação.

De forma a enriquecer o conhecimento sobre este local de estudo, realizou-se um dimensionamento em 3D, com recurso ao *software AutoCAD*. Este *software* permite-nos dimensionar toda a célula de teste, utilizando à escala os valores reais de cada componente que a constitui, como a altura, largura, comprimento e a espessura de cada elemento. Na Figura 4.3 está representado o resultado obtido para o dimensionamento da célula de teste utilizando o *software AutoCad*.





**Figura 4.3.** Dimensionamento da célula de teste, utilizando o *software AutoCad*, (as unidades apresentadas estão em metros).

Os seguintes pontos abordam as principais características de cada elemento que constitui a célula de teste. No entanto, a descrição remete para a época em que a célula de teste se encontrava em ótimas condições, o que não se verifica neste momento.

#### 4.1.1. Estrutura principal

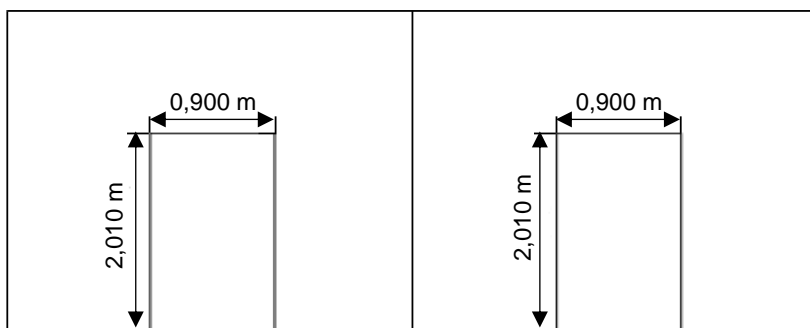
A estrutura principal baseia-se nas quatro paredes, o pavimento e a cobertura. No entanto, neste ponto apenas serão abordadas as três paredes, uma vez que a quarta parede é o vão envidraçado e as restantes têm todas a mesma composição. Enquanto que os outros elementos da célula de teste diferem na sua composição, o que leva à necessidade de serem diferenciados.

Começando pelos pilares que constituem a célula de teste, eles são perfis quinados em aço galvanizado, com 0,002 m de espessura. No seu interior encontra-se um tubo de PVC com o propósito de escoar a água da cobertura. No interior da célula de teste os pilares têm um acabamento com chapa lacada (Silva, 2016).

Relativamente às três paredes da célula de teste, são compostas por painéis *sandwich* com 0,040 m de espessura. Os painéis em ambas as faces têm como composição chapa de aço pré lacada sobre a base galvanizada, com um isolamento acústico e térmico intermédio, constituído à base de resinas de poliuretano auto extingüível (Nogueira, 2013). Em relação ao

coeficiente de transferência térmica, os painéis têm como coeficiente um valor igual a  $0,51 \text{ W m}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ , e uma boa resistência à humidade, (Nogueira, 2013).

Na parede orientada a norte localizam-se duas portas, uma em cada compartimento da célula de teste, de modo a separar os dois compartimentos, o que torna vantajoso no decorrer de um caso de estudo. As portas têm como composição aço lacado branco e têm igual dimensão. A Figura 4.4, apresenta esquematicamente a parede da célula de teste orientada a norte, com a indicação do posicionamento e dimensões das portas (2,010 m comprimento e 0,900 m de largura).



**Figura 4.4.** Parede da célula de teste orientada a norte, com indicação do posicionamento e dimensões das portas presentes nesta parede

#### 4.1.2. Fachada envidraçada

A fachada envidraçada é a parede da célula de teste orientada a sul. É constituída por duas vitrinas de caixilharia em alumínio lacado a branco, com 1,800 m de comprimento e 2,280 m de largura. O vidro utilizado em cada caixilharia é duplo, incolor e sem proteção solar, cada vidro contém 0,005 m de espessura e entre eles existe um espaçamento de 0,012 m (Nogueira, 2013). A percentagem de transmissão luminosa da fachada envidraçada é cerca de 80 %, o fator solar é igual a 0,75 %, o coeficiente de transmissão térmica tem como valor 2,8, enquanto que o coeficiente de sombreamento é de 0,85 %, (Monteiro, 2014).

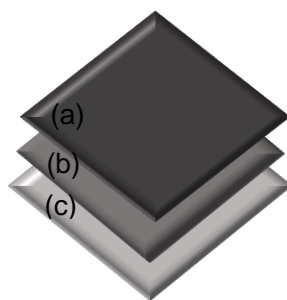
#### 4.1.3. Parede divisória

A composição da parede que divide a célula de teste em dois compartimentos de igual dimensão tem a mesma composição do que as paredes exteriores. Isto é, a parede divisória é

constituída por um painel *sandwich* com o acréscimo de placas de poliestireno expandido sem encaixe (EPS 100) com 0,0300 m de espessura (material isolante, conhecido como esferovite). Este material permite que não haja transferência de energia térmica entre compartimentos, o que leva a uma obtenção de resultados mais precisos e fiáveis. O material isolante tem como condutividade térmica  $0,0360 \text{ W m}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$  e uma resistência térmica igual a  $0,75 \text{ W m}^{-2} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$  (Nogueira, 2013).

#### 4.1.4. Pavimento

O pavimento da célula de teste é composto por várias camadas, que no total suportam uma carga de  $250 \text{ kg m}^{-2}$ . A camada inicial é igual à das três paredes estruturais, ou seja, perfil de chapa galvanizado. A esta camada são acrescentadas mais duas camadas, uma de material isolante e uma com uma tela de *Vinílico Traviata 6026*. Relativamente à camada de material isolante, esta é composta por estrado fenólico de 0,0180 m de espessura, com condutividade térmica de  $0,300 \text{ W m}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ , e com calor específico tem um valor de  $1700 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ . Em relação à tela Vinílico a condutividade igual a  $0,170 \text{ W m}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ , e o calor específico é igual  $900 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$  (Nogueira, 2013). Na Figura 4.5 estão representadas as camadas que constituem o pavimento da célula de teste, camada de chapa galvanizado, camada de material isolante e a camada de *Vinílico Traviata*.

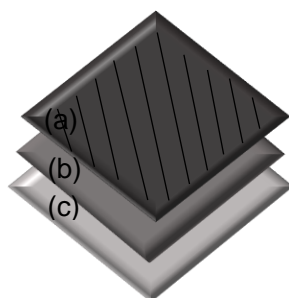


**Figura 4.5.** Camadas que constituem o pavimento da célula de teste: (a) perfil de chapa galvanizado; (b) material isolante; (c) tela de *Vinílico Traviata*.

#### 4.1.5. Cobertura

A cobertura ou telhado da célula de teste, à semelhança do pavimento, é constituída por várias camadas, que têm como objetivo a obtenção de um bom nível energético, isto é, minimizar quanto possível as perdas de energia térmica para o exterior. Relativamente às três

camadas, a primeira camada é denominada por camada superior, a segunda de intermédia e a última de inferior. A camada superior é constituída por uma chapa galvanizada com perfis conformados a frio. A esta chapa ainda é acrescentado um conjunto de tubos galvanizados com as seguintes dimensões, 0,04 m x 0,03 m x 0,0015 m, e ainda uma chapa perfilada do tipo HT-30 de espessura  $6 \times 10^{-4}$  m. No que diz respeito à camada intermédia, a sua composição é à base de fibra de vidro juntamente com uma lâmina anti humidade de espessura igual a 0,0800 m. Por último a camada inferior é caracterizada por um teto falso, composto por uma chapa perfilada galvanizada em poliéster e silicone branco pirinéu 1006 de espessura  $5 \times 10^{-5}$  m, (Monteiro, 2014). A Figura 4.6, representa, de um modo ilustrativo, as camadas que constituem a cobertura da célula de teste, camada exterior, camada intermédia e a camada interior.



**Figura 4.6.** Camadas que constituem a cobertura da célula de teste: (a) camada exterior; (b) camada intermédia; (c) camada interior.

## 5. Propostas de alterações na célula de teste

Neste tópico serão propostas alterações, necessárias à célula de teste para que esta apresente as condições ótimas, para se realizarem ensaios com a obtenção de resultados o mais precisos possível. Devido a elevados contratempos, as alterações não foram possíveis de executar durante o decorrer da dissertação, contudo serão descritas para que fiquem registadas e auxiliem trabalhos futuros.

### 5.1. Reabilitação da célula de teste

A célula de teste sustentou vários estudos de diversas áreas académicas. A sua utilização para este efeito, juntamente com as condições meteorológicas adversas e ainda atos de vandalismo, levaram a um elevado desgaste, tornando imprescindível uma reabilitação da célula de teste em toda a sua composição, bem como medidas que minimizem os danos causados a este local de estudo.

Como já foi referido, a célula de teste não se encontra nas condições iniciais descritas no ponto 4.1. A reabilitação deve assentar nas melhorias das infraestruturas existentes, bem como em novas alterações, que potenciem o seu uso. A primeira ação na célula de teste deve basear-se numa limpeza, tanto no compartimento interior como no exterior. A Figura 5.1 apresenta exemplos do estado atual da célula de teste assim como todo o terreno envolvente.



(a)



(b)

Após a limpeza adequada da célula de teste devem ser recuperadas as características das unidades estruturais, de forma a

**Figura 5.1.** Estado atual da célula de teste: (a) interior do compartimento de estudos; (b) Exterior da célula de teste.

que esta se assemelhe o quanto possível ao seu estado inicial. A Figura 5.2 apresenta uma das portas da célula de teste sem puxador, resultante de atos de vandalismo a que está sujeita. Será necessário adquirir um novo puxador para que possa ser possível a entrada no comportamento de referência da célula de teste.



**Figura 5.2.** Imagem de uma das portas da célula de teste sem puxador.

O pavimento da célula de teste está sujeito a infiltrações ao nível dos solos, o que provoca um enferrujamento do mesmo. A Figura 5.3 mostra o estado degradado do pavimento da célula de teste.



**Figura 5.3.** Imagem do estado do pavimento no interior da célula de teste.

No seu estado inicial, o pavimento, era capaz de suportar uma carga igual a  $250 \text{ kg m}^{-2}$ , o que não se verifica neste momento, devido às condições atuais da estrutura, podendo ocorrer um desmoronamento, o que torna essencial a reparação ou substituição do pavimento da célula de teste. Por último, a parede que divide os dois compartimentos da célula de teste, apresentada no ponto 4.1.3, encontra-se deteriorada. A Figura 5.4, ilustra o estado atual da parede divisória.



**Figura 5.4.** Imagem do estado atual da parede divisória dos dois compartimentos da célula de teste.

Para a utilização correta da célula de teste, a parede divisória deverá de ser o mais adiabática possível, o que não se verifica. De modo a minimizar as transferências de energia entre os compartimentos, o ideal seria revestir a parede divisória com aerogel, levando a resultados mais eficiente e precisos.

## **5.2. Alteração da localização**

Uma vez que a célula de teste se encontra numa área com pouca vigilância e a manutenção é realizada duas a três vezes ao ano, sente-se a necessidade de alterar o mais rápido possível a sua localização. O local mais pertinente será próximo da estação meteorológica da Universidade de Aveiro mas, é necessário que a sua orientação se mantenha igual.

Na Figura 5.5 é demonstrado o estado da área onde se localiza atualmente a célula de teste. É notória a pouca manutenção, uma vez que toda a extensão de terreno está

coberta por vegetação alta, o que dificulta o acesso ao local e torna impossível a sua utilização em dias chuvosos, pois o terreno fica lamacento.



**Figura 5.5.** Imagens da condição da célula de teste: (a) vista de todo o terreno envolvente; (b) vista frontal da fachada envidraçada da célula de teste.

A falta de vigilância é sem dúvida uma questão que se deve ter em conta aquando a requalificação da célula de teste, pois têm-se verificado alguns atos de vandalismo, por exemplo, vidros e puxadores partidos. A Figura 5.6, apresenta dois vidros partidos encostados a uma das paredes da célula de teste, que pertenciam à caxilharia da fachada envidraçada, que foram sujeitos a atos de vandalismo e posteriormete substituídos por novos.



**Figura 5.6.** Dois vidros partidos encostados a uma parede da célula de teste.



Desde a sua substituição os vidros permaneceram no mesmo local, não existindo qualquer tipo de cuidado nem atenção pela conservação da célula de teste, o que mostra nitidamente a falta de cuidado com o equipamento.

No decorrer da elaboração desta dissertação desapareceram os sensores que se localizavam na célula de teste e, conseqüentemente, levaram a sérios atrasos no decorrer do projeto, bem como aumentaram o orçamento do *upgrade* do sistema de aquisição de dados. Com a alteração da localização da célula de teste pretende-se que estes fatores de risco aos equipamentos de estudo sejam minimizados ou até mesmo eliminados, de modo a que a utilização do sistema de aquisição de dados na célula de teste decorra sem nenhuma limitação, tanto por falta de material como por ações de vandalismo.

### **5.3. Sistemas de sombreamento**

A célula de teste tem a fachada envidraçada orientada a sul, o que privilegia os ganhos diretos da radiação solar, no entanto nos meses mais quentes a temperatura registada no interior da célula de teste, em alturas de maior insolação, pode atingir os 70 °C. Esta gama de temperaturas não retrata, de modo algum, o que acontece em ambientes construídos. É necessário implementar medidas de forma a combater este sobreaquecimento.

Para aproximar a célula de teste a uma realidade que se assemelhe a um ambiente construído deve ser implementado um sistema de sombreamento, que tem como objetivos proteger os edifícios contra os ganhos solares excessivos, diminuir o consumo energético para arrefecimento, e simultaneamente permitir elevados níveis de iluminação natural, mitigando a necessidade de iluminação artificial (Palhinha, 2009). Para Palhinha (2009), estas estruturas podem funcionar como estratégias de arrefecimento, de aquecimento ou de iluminação natural.

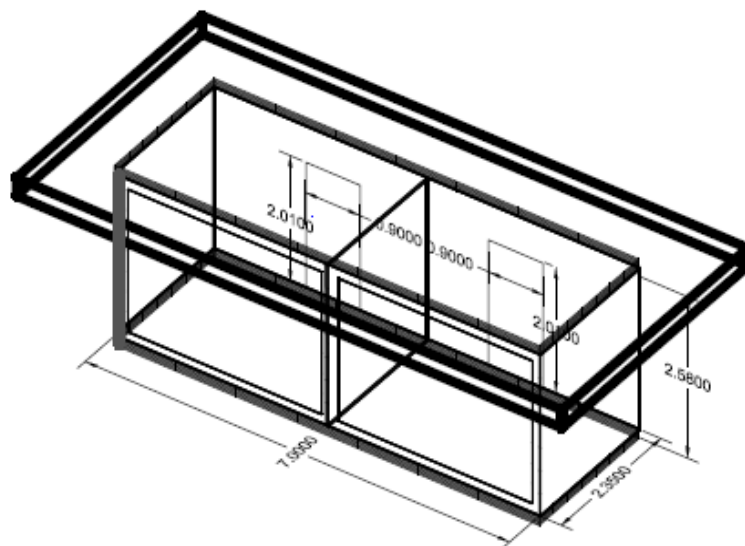
Existem vários tipos de sistemas de sombreamento que são classificados consoante a sua localização na fachada do edifício, isto é, externos ou internos. Dentro desta classificação ainda se podem dividir em fixos ou ajustáveis. Entre os dois sistemas que se podem colocar na fachada do edifício, os externos são os mais eficazes na redução de ganhos de calor, porque intercetam e dissipam a maior parte do calor proveniente da radiação solar antes que atinja a superfície dos edifícios. Enquanto que os sistemas internos não obstruem a radiação solar direta, o que pode levar a um sobreaquecimento do ambiente interior (Sirgado, 2010).

Os sistemas de sombreamento fixos normalmente localizam-se no exterior e são bastantes eficazes durante o verão e não prejudicam a quantidade de ganhos solares ao longo

do inverno. No entanto a sua eficiência está associada às variações das estações do ano e à posição do sol. Por este ponto de vista os sistemas ajustáveis são mais eficazes, dado que conseguem ajustar-se às variações de radiação solar ao longo do ano, contudo são menos vantajosos economicamente, uma vez que precisam de energia para se ajustarem.

Tendo em conta o sobreaquecimento da célula de teste, e a orientação da fachada envidraçada a sul, o sistema de sombreamento deve ser a estratégia a adotar para garantir o seu arrefecimento. Considerando a variedade de sistemas de sombreamento, para a célula de teste em questão, são apresentadas duas propostas de sistemas de sombreamento, a chapa de sombreamento e pala de sombreamento, ambas externas e fixas.

A chapa de sombreamento consiste numa estrutura que tem como função sombrear de igual modo as paredes da célula de teste, como se se tratasse de um telhado. De modo a esquematizar a estrutura, recorreu-se ao *software Autocad*, para dimensionar tridimensionalmente a possível chapa de sombreamento. Na Figura 5.7, está representado o *layout* da chapa sugerida para o sombreamento da célula de teste, utilizando o *software AutoCad*.



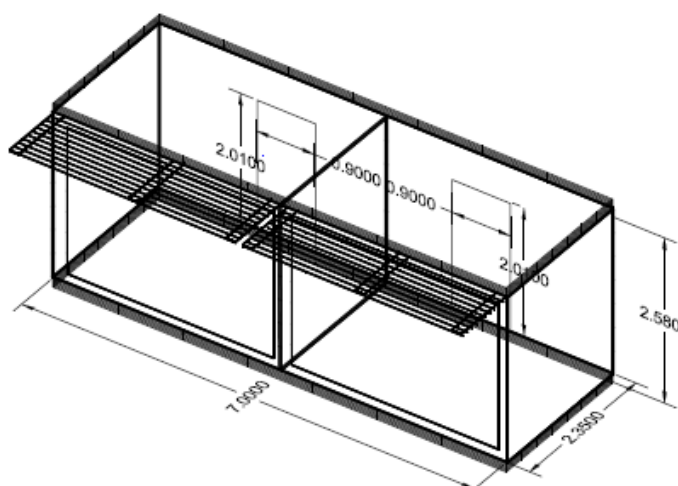
**Figura 5.7.** *Layout* da chapa sugerida para o sombreamento da célula de teste, utilizando o *software AutoCad*.

Para a construção adequada de um sistema de sombreamento é necessário atender a vários parâmetros, tais como a localização e orientação do edifício, o coeficiente total de sombreamento, o fator solar e o fator luz-dia. O que dificultou a projeção real dos sistemas de

sombreamento, uma vez que não foi possível a obtenção de valores para os respetivos parâmetros. O Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 40/90, de 6 de fevereiro, afirma que o cálculo preciso das necessidades de arrefecimento de um espaço, dada a natureza altamente dinâmica dos fenómenos térmicos em causa, só é possível por meio de simulação dinâmica detalhada. Sendo assim, os valores introduzidos para o dimensionamento foram logicamente arbitrados

A pala de sombreamento é um dos sistemas mais utilizados em clima Europeu. É vantajosa principalmente quando a fachada envidraçada é orientada a sul, impedindo a passagem dos raios solares de maior inclinação vertical, ou seja, quando o sol se encontra mais alto. Normalmente são aplicadas palas de sombreamento compostas por um conjunto de traves espaçadas igualmente entre si. A principal vantagem deste sistema consiste na eficácia do sombreamento ao mesmo tempo que permite a circulação de ar (Palhinha, 2009).

Para a projeção da proposta de pala de sombreamento utilizou-se o mesmo procedimento da chapa. É necessário salientar que também não foi possível obter os valores para todos os parâmetros necessários para o dimensionamento da pala de sombreamento, no entanto foram utilizados valores estimados de forma a obter-se uma projeção o mais real possível. Na Figura 5.8, está apresentado o *layout* da pala sugerida para o sombreamento da célula de teste, utilizando o *software AutoCad*.



**Figura 5.8.** *Layout* da pala sugerida para o sombreamento da célula de teste, recorrendo ao *software AutoCad*.

Existe uma enorme variedade de sistemas de sombreamento, no entanto, apenas foram propostos dois sistemas que, tendo em conta as propriedades e a orientação da célula de teste, consideraram-se os mais pertinentes. Conclui-se que o sistema mais vantajoso é a pala de sombreamento uma vez que, existem sistemas pré-fabricados e economicamente viáveis, sombreia com eficiência a fachada envidraçada. Não foi possível colocar em prática nenhuma das alternativas, no entanto ficam registadas, para que possam ser implementadas em trabalhos e/ou estudos futuros.

#### **5.4. Sistemas de ventilação**

Uma outra medida para mitigar o sobreaquecimento na célula de teste consiste na ventilação natural ou forçada, que contribui diretamente para a redução da temperatura. Relativamente à ventilação natural, esta é uma estratégia que combate o sobreaquecimento dos edifícios com a utilização de movimentos de massas de ar, consiste num processo pelo qual é possível arrefecer edifícios tirando partido da diferença de temperaturas existentes entre o interior e o exterior em determinados períodos. Em suma, a ventilação natural tem um papel extremamente importante na remoção do calor do interior do edifício e no estabelecimento das condições de conforto térmico, não só para diminuir a temperatura interior como ainda estabelecer as trocas evaporativas à superfície do corpo dos ocupantes (Gonçalves & Graça, 2004).

A ventilação forçada está associada a um movimento de massa de ar não natural, isto é, são utilizados equipamentos onde é possível controlar a temperatura de ar num ambiente interior. Os equipamentos de climatização podem ser manuais, ou seja, o operador controla a temperatura de saída do ar forçado, ou automatizado onde o próprio equipamento é programado para que o ambiente interior chegue a uma determinada temperatura.

No entanto existem desvantagens associadas à utilização da ventilação na célula de teste, dado que não é possível controlar entrada de massas de ar. A atmosfera no interior da célula de teste poderá não ser estável, afetando o desenvolvimento de estudos de conforto térmico, uma vez que o sistema de aquisição de dados ainda não está equipado para medir a velocidade do ar no interior da célula de teste.

## 6. Manual de utilizador do novo sistema de aquisição de dados

De forma a apoiar e facilitar a utilização deste novo sistema de aquisição de dados, é apresentado um manual de utilizador do mesmo. Neste manual é explicado, passo a passo, o procedimento de medição e extração de dados obtidos pelo sistema. Em primeiro, é necessário conhecer as componentes do sistema de aquisição de dados. A Figura 6.1, apresenta o sistema de aquisição de dados e a respetiva face frontal e face posterior.



**Figura 6.1.** Sistema de aquisição de dados: (a) face frontal; (b) face posterior.

Na face frontal, encontram-se as entradas para os respetivos sensores, que estão divididas em dois grandes grupos 'Interior Data' e 'Exterior data', com o objetivo de diferenciar os sensores que operam no interior e no exterior. O grupo de sensores de interiores está dividido em quatro categorias, devidamente identificadas e numeradas, segue-se a nomenclatura utilizada: 'Pt100'; 'TC'- termopares; 'HF'- fluxímetros; 'T+RH'- sondas Jumo 907021/21, que medem a temperatura e humidade relativa no interior. O grupo 'Exterior data' está dividido em três categorias, associadas aos sensores que parametrizam dados relativos ao exterior, isto é, meteorológicos. Sendo assim, a nomenclatura utilizada consiste, como toda a nomenclatura do sistema de aquisição de dados, no nome do parâmetro medido por cada sensor. Deste modo, as categorias utilizadas seguem a seguinte terminologia: 'T+RH'- Sonda HD 9008 TR que mede a temperatura e humidade relativa no exterior; 'Wind speed'- anemómetro; 'Radiation'- piranómetro.

Para que seja possível obter os valores medidos pelos sensores associados ao sistema de aquisição de dados, é imperioso fazer a conexão do sistema ao computador com o *software*

adequado. Esta ligação ocorre pela face posterior da caixa de transporte e acondicionamento do sistema, através de um cabo USB. Nesta face ainda se encontra a fonte de energia necessária ao sistema e uma luz LED que indica se este está ligado.

A ligação dos sensores ao sistema de aquisição de dados requer, somente, o cuidado de introduzir corretamente os sensores nas respetivas entradas. Caso contrário, os valores obtidos não têm qualquer coerência. Saliento que o funcionamento do sistema não requer a ligação de todos os sensores, ou seja, dependendo do critério do utilizador, a medição pode ser realizada com todos ou apenas alguns dos sensores existentes. É importante que todos os sensores imprescindíveis à medição estejam corretamente ligados para que, posteriormente, se proceda à monitorização de dados através do *software EZ Data Logger*

Para um correto funcionamento do *software EZ Data Logger* é necessária a instalação de um Driver de comunicação, um programa de configuração dos módulos eletrónicos (DCON\_UTILITY) e uma licença, para que seja possível exportar os dados obtidos pelo *software*. O Driver tem como objetivo realizar a comunicação entre os módulos eletrónicos do equipamento e o *software* de monitorização, isto é RS-485 para USB. O processo de instalação do Driver está apresentado no Anexo A- Instalação do *Driver* de comunicação, com intuito de auxiliar a instalação do *software* por qualquer utilizador. O programa DCON\_UTILITY foi utilizado pela empresa FFonseca para configurar os módulos. No entanto, não é utilizado aquando a monitorização de dados, mas, é importante na eventualidade da substituição de um módulo, uma vez que o programa contém informação necessária para que o sistema volte a operar corretamente. .

Com os sensores ligados ao sistema, e este conectado ao computador com o *EZ Data Logger*, o sistema de aquisição de dados está preparado para a devida monitorização. Em conclusão, a associação dos sensores ao *software* leva a que a interface gráfica tenha a estrutura apresentada na Figura 6.2.

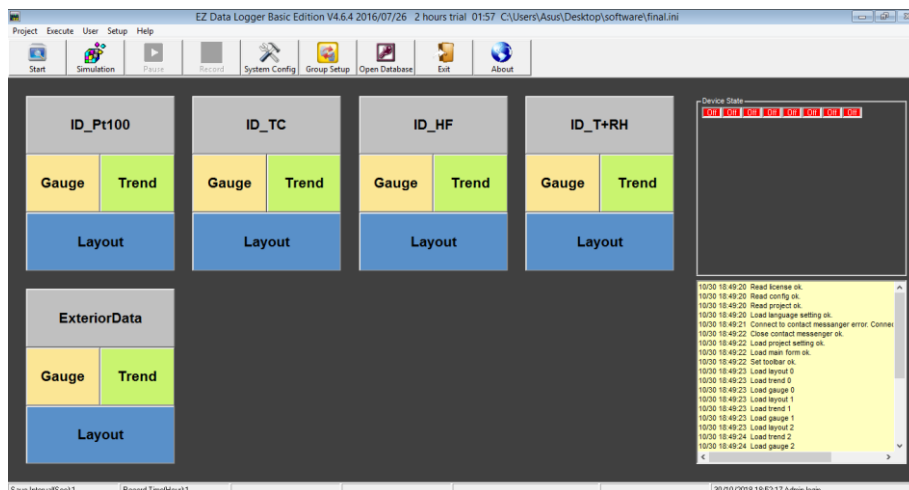


Figura 6.2. Interface gráfica do *software*.

O *software* permite-nos identificar os módulos eletrónicos em funcionamento, o que conduz a uma medição de forma segura. Caso algum módulo não esteja nas suas condições de funcionamento, o sistema indica-nos com a designação 'OFF'. É importante referir que os dois primeiros módulos correspondem a módulos de simulação presentes no *software*. Consequentemente, numa monitorização real, encontram-se desativados e com a designação 'OFF'. Na Figura 6.3, está apresentado 'Device State', estado do equipamento, que nos indica o funcionamento dos módulos eletrónicos do sistema de aquisição de dados, na interface gráfica do *software*.

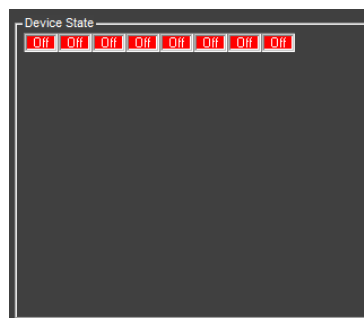
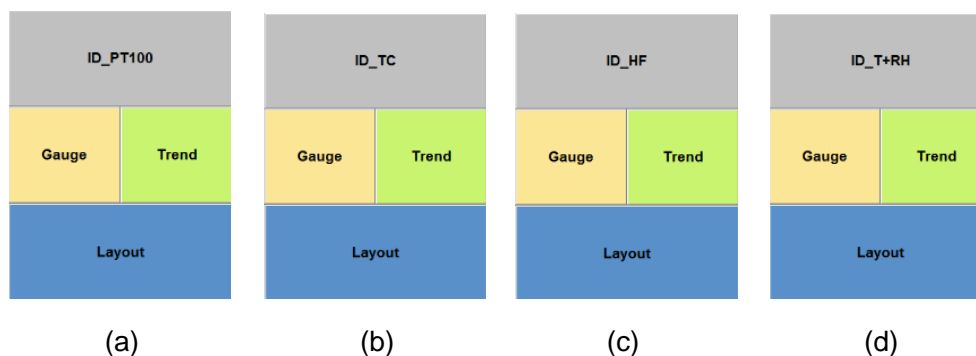


Figura 6.3. 'Device State', estado do equipamento, que nos indica o funcionamento dos módulos eletrónicos do sistema de aquisição de dados, na interface gráfica do *software*.

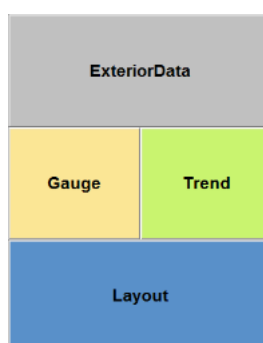
Na interface gráfica do *software* estão apresentados cinco grupos de trabalho, que representam as categorias dos sensores, sendo estes as sondas Pt100, os termopares, os fluxímetros, a sonda que mede a temperatura e humidade no interior e os sensores exteriores.

Na Figura 6.4 estão apresentados os quatro grupos de sensores, presentes no *software EZ Data Logger*, que operam no interior: (a) Sondas Pt100; (b) Termopares; (c) Fluxímetros; (d) Sondas interiores de temperatura e humidade relativa.



**Figura 6.4.** Grupos de sensores, presentes no *software EZ Data Logger*, que operam no interior: (a) Sondas Pt100; (b) Termopares; (c) Fluxímetros; (d) Sondas interior de temperatura e humidade relativa.

É de salientar que, antes da nomenclatura utilizada para cada grupo de sensores, precede a sigla 'ID' (*Interior Data*), que evidencia o local onde estes sensores operam. Relativamente aos sensores exteriores, optou-se por colocá-los no mesmo grupo, nomeadamente o grupo 'ExteriorData', uma vez que existem apenas três sensores. Na Figura 6.5, está representado o grupo de sensores, no *software EZ Data Logger*, que operam no exterior.



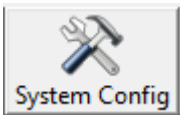
**Figura 6.5.** Grupo de sensores, no *software EZ Data Logger*, que operam no exterior.

O *software* apoia a monitorização de dados, onde é possível visualizar os parâmetros medidos em tempo real, assim como exportá-los em formato Excel, gráficos ou tabelas. Antes

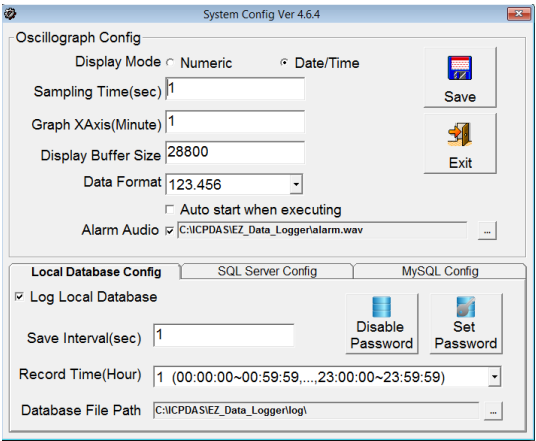


de se dar início à monitorização, é necessário introduzir as propriedades requeridas para a medição e registo de dados, o *software* possui um comando chamado 'System Config'. A Tabela 6.1, apresenta uma breve descrição do comando, 'System Config', do *software*.

**Tabela 6.1.** Descrição do comando 'System Config' do *software*.

Comando	Símbolo	Função
'System Config'		Neste comando é possível definir as propriedades de medição e de registos de dados.

No comando 'System Config', é possível escolher o intervalo de medição e o intervalo de registo de dados, isto é, a medição pode ser em tempo real, mas, o registo de dados pode estar num intervalo de, por exemplo, cinco em cinco minutos. Permite-nos ainda escolher o tempo de gravação e a pasta em que o registo de monitorização será guardado. Na Figura 6.6, está apresentada a janela de configuração do *software*.





**Figura 6.6.** Janela de configuração do *software*.

Tendo as configurações pretendidas e o sistema de aquisição de dados pronto, pode-se iniciar a monitorização. O *software* é bastante acessível e intuitivo. Contudo, caso seja necessário realizar um ensaio para nos familiarizarmos com o *software*, este permite realizar uma simulação através do comando 'Simulation'. Assim que quisermos sair do modo de


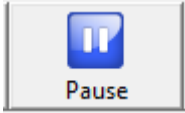
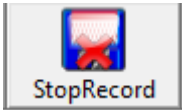

simulação, basta carregar no comando 'Stop'. Na Tabela 6.2, está apresentada a descrição dos comandos 'Simulation' e 'Stop' do *software*.

**Tabela 6.2.** Descrição dos comandos 'Simulation' e 'Stop' do *software*.

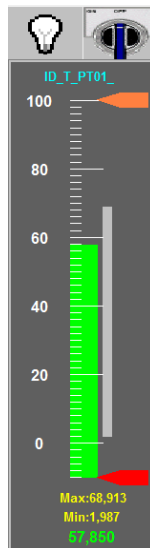
Comando	Símbolo	Função
'Simulation'		Este comando permite a realização de uma simulação de monitorização de dados.
'Stop'		Este comando deve ser utilizado quando se quer sair do modo de simulação.

Para se iniciar a monitorização basta aceder ao comando 'Start'. Quando for necessário parar a monitorização, por exemplo, para ajustar algum sensor que não esteja a medir valores coerentes, pode-se carregar em 'Pause' e a medição fica temporariamente parada, até que seja novamente acionado o comando 'Start'. O *software* disponibiliza também a opção de medir valores sem que estes sejam guardados, através de um comando que depois de ativo interrompe o registo de dados. Contudo, a medição continua a decorrer normalmente, podendo ser acompanhada em tempo real. Por fim, e para terminar a monitorização, é necessário seleccionar o comando 'Stop' e toda a informação monitorizada será arquivada. Na Tabela 6.3, está a apresentada a descrição dos comandos 'Start', 'Pause', 'StopRecord' e 'Stop', do *software*.

**Tabela 6.3.** Descrição dos comandos ‘Start’, ‘Pause’, ‘StopRecord’ e ‘Stop’, do *software*.

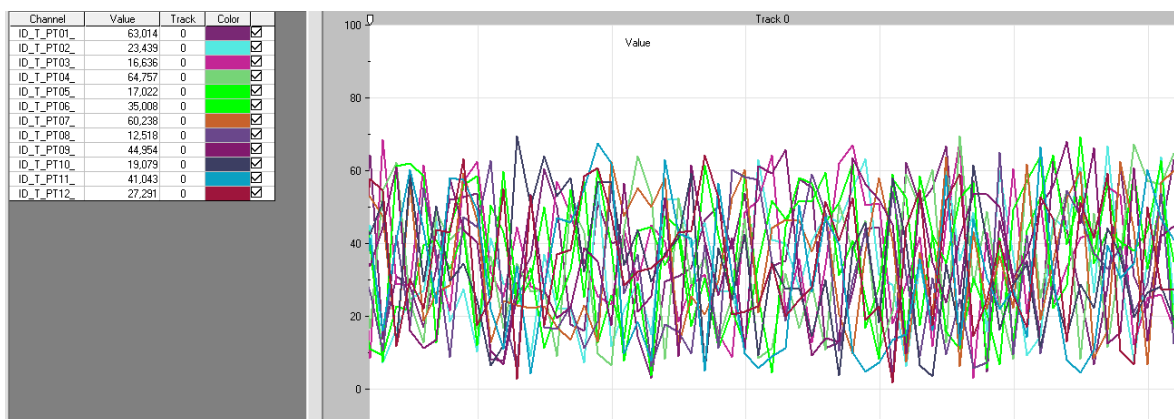
Comando	Símbolo	Função
‘Start’		Este comando permite iniciar a monitorização de dados.
‘Pause’		Este comando possibilita uma paragem na monitorização de dados.
‘StopRecord’		Este comando interrompe o registo de dados, no entanto, a monitorização continua a ocorrer.
‘Stop’		Este comando deve ser utilizado quando se pretende terminar a monitorização.

O *EZ Data Logger* oferece a possibilidade de acompanhar a monitorização em tempo real em diversas formas, graficamente e/ou num valor numérico do parâmetro medido. A opção ‘Gauge’ remete para a visualização em gráficos de *Gauge*, mais conhecidos por velocímetros, enquanto que ‘Trend’ apresenta os valores medidos num gráfico de tendência predefinido, onde é possível seleccionar as variáveis pretendidas, isto é, o grupo de sensores e os sensores. Por último, ‘Layout’, o *software* permite-nos visualizar a informação em pequenos mostradores digitais distribuídos e definidos pelo utilizador. Na Figura 6.7, está apresentado um exemplo de gráfico de *Gauge*, que se pode obter na opção ‘Gauge’, para acompanhar em tempo real os valores medidos pelos sensores.



**Figura 6.7.** Exemplo de um gráfico de *Gauge*, que se pode obter na opção 'Gauge', para acompanhar em tempo real os valores medidos pelos sensores.

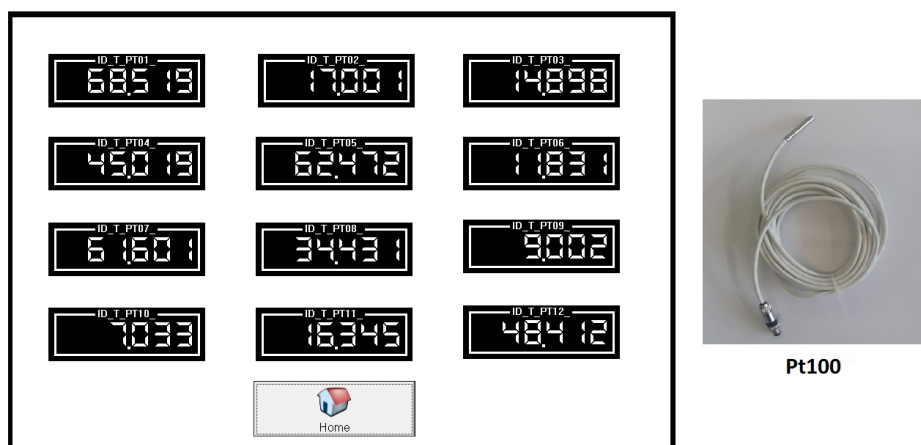
Neste tipo de visualização de dados é possível verificar o máximo e o mínimo valor registado e o valor que está a ser monitorizado em tempo real. Esta é uma das diversas opções de visualização, sendo a facilidade de leitura e um *design* muito apelativo as suas principais vantagens. Na Figura 6.8, está apresentado um exemplo de um gráfico tendência, que se pode obter na opção 'Trend', para acompanhar em tempo real os valores medidos pelos sensores.



**Figura 6.8.** Exemplo de um gráfico tendência, que se pode obter na opção 'Trend', para acompanhar em tempo real os valores medidos pelos sensores.

A opção 'Trend', gráficos de tendência permite acompanhar os valores medidos em tempo real, assim como acompanhar a variação/tendência dos valores durante o intervalo de medição. É considerada uma vantagem em relação às restantes opções de visualização de dados, uma vez que só apresentam o valor medido no momento, ou o valor máximo e mínimo. O gráfico apresentado na Figura 6.8 corresponde aos valores arbitrados durante uma simulação no *software*. Como se pode verificar, todas as sondas Pt100 têm cores diferentes, para que seja possível distingui-las graficamente. Salienta-se ainda que é permitido alterar a cor, assim como escolher quais das sondas a aparecer no gráfico, uma vez que, pode não ser pertinente aparecerem todas. De salientar que as sondas estão numeradas de acordo com o sistema de aquisição de dados, isto é, a sonda Pt100\_01 corresponde efetivamente à entrada número um do sistema de aquisição de dados.

Por fim, a opção 'Layout' permite-nos visualizar os valores medidos em amostradores digitais com três casas decimais, o que demonstra rigor na medição. Na Figura 6.9, está apresentado um exemplo de visualização da opção 'Layout'. Neste caso, o exemplo apresentado recai nas sondas Pt100, para acompanhar em tempo real os valores medidos pelos sensores.



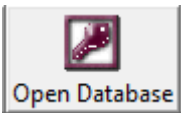
**Figura 6.9.** Exemplo de uma de visualização da opção 'Layout', neste caso das sondas Pt100, para acompanhar em tempo real os valores medidos pelos sensores.

Na opção 'Layout' original do *software* não consta nenhuma imagem, contudo, optou-se por organizar todos os amostradores digitais, delimitá-los e acrescentar uma imagem dos sensores em questão, de forma a facilitar a utilização do sistema de aquisição de dados. No

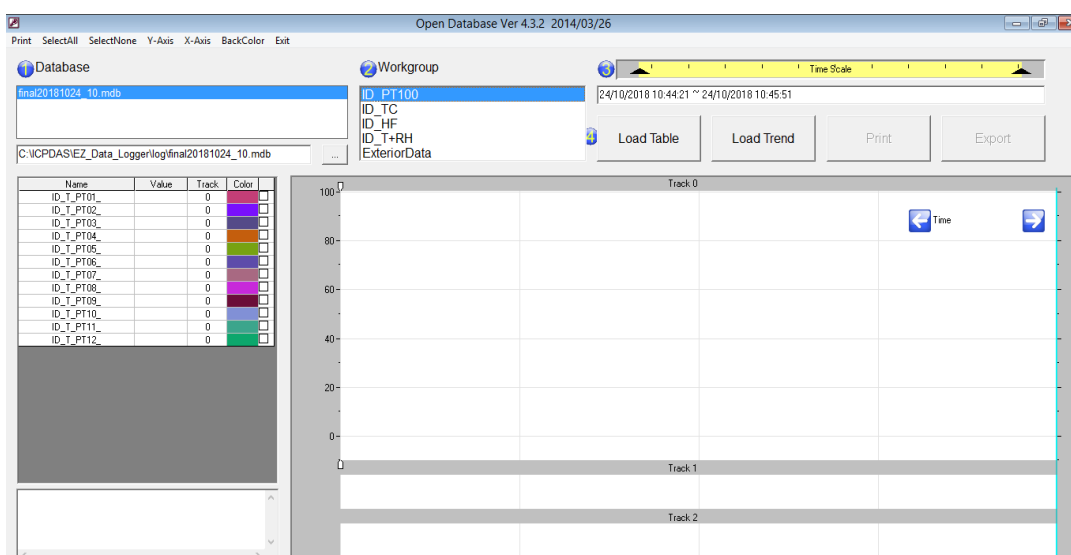
Anexo B- Opção de visualização em tempo real ‘Layout’ do *software*. estão apresentados todos os ‘Layout’ dos respetivos sensores.

Conhecidas todas as formas de visualização dos parâmetros em tempo real, o próximo passo assenta na extração dos valores medidos no decorrer da monitorização. Para se extrair os valores medidos no tempo pré-definido nas configurações é necessário parar a monitorização e, posteriormente, aceder ao comando ‘Open Database’. Na Tabela 6.4 está a apresentada a descrição dos comandos ‘Open Database’ do *software*.

**Tabela 6.4.** Descrição do comando ‘Open Database’ do *software*.

Comando	Símbolo	Função
‘Open Database’		Recorre-se a este comando, quando se pretende extrair os dados monitorizados.

A base de dados do *software* é muito intuitiva. Está numerada de forma a sequenciar os passos necessários para a exportação dos dados, para que ocorra sem qualquer problema. Na Figura 6.10 está apresentada a configuração da base de dados do *software*.

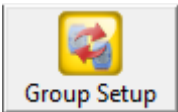


**Figura 6.10.** Configuração da base de dados do *software EZ Dara Logger*.

Segue-se uma explicação do procedimento para extração de dados. Em primeiro lugar, é necessário selecionar o ficheiro com a informação pretendida, uma vez que o *software* guarda todas as monitorizações. Em segundo, escolhem-se os sensores que se pretende analisar, dado que não é possível exportar os registos de todos os sensores do sistema ao mesmo tempo. A terceira etapa consiste em escolher a escala temporal dos dados. Por último, seleciona-se o formato que os dados vão adquirir, tabela ou gráfico. O comando 'Load Table' permite-nos colocar os valores em formato de tabela, que poderá ser exportada para Excel ou em ficheiro de texto, enquanto que o comando 'Load Trend' possibilita a visualização dos dados em formato de gráfico de tendências.


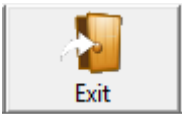
Imagine-se que um dos sensores ficava danificado e é necessário proceder à sua substituição. Embora o *software* já esteja preparado para o sistema de aquisição de dados, é imprescindível associar o novo sensor ao *software*. Para este tipo de questões recorre-se ao comando 'Group Setup'. Na Tabela 6.5, está apresentada a descrição do comando 'Group Setup' do *software*.

**Tabela 6.5.** Descrição do comando 'Group Setup' do *software*.

Comando	Símbolo	Função
'Group Setup'		Recorre-se a este comando, quando se pretende substituir ou acrescentar sensores ao <i>software</i> .

Por fim, apenas faltam mencionar dois comandos para a descrição de todos os comandos presentes na interface gráfica do *software EZ Data Logger*. O comando 'About', que nos remete para uma janela para realizarmos a inscrição na página da entidade criadora do *software*, de forma a conhecermos melhor os produtos e serviços oferecidos por esta entidade. No entanto, não há problema de não se realizar a inscrição. E o 'Exit' que é utilizado para sairmos do *software*. Na Tabela 6.6, está apresentada a descrição dos comandos 'About' e 'Exit' do *software*.

**Tabela 6.6.** Descrição dos comandos 'About' e 'Exit' do *software*.

Comando	Símbolo	Função
'About'		Recorre-se a este comando, quando se pretende conhecer melhor a entidade criadora do <i>software</i> , assim como produtos e serviços desenvolvidos pela mesma.
'Exit'		Este comando deve ser utilizado quando se pretende sair do <i>software</i> .



## 7. Conclusões e desenvolvimentos futuros

O trabalho apresentado teve como principal objetivo o *upgrade* do sistema de aquisição de dados para avaliação de parâmetros energéticos no ambiente construído, existente na Universidade de Aveiro, bem como a elaboração de um manual de utilizador para o novo sistema de aquisição de dados.

O *upgrade* do sistema de aquisição de dados foi realizado com sucesso, embora tenha sido um processo demorado, uma vez que, o sistema existente apresentava falhas ao nível de equipamento, como sensores, o computador e o respetivo *software*.

A alteração com maior destaque é a aquisição de uma caixa de transporte e acondicionamento para o sistema de aquisição de dados. Tornando o sistema portátil, é possível a sua utilização em diversos ambientes interiores, deixando de estar sujeito à célula de teste. Destaca-se também a aquisição de termopares que conferem ao utilizador do sistema a possibilidade de escolher o tipo de sensor mais indicado para cada situação, aumentando a eficiência no momento da medição de temperatura.

Pode-se concluir que, as alterações realizadas ao sistema, assim como a aquisição de novos sensores, acrescentaram inúmeras capacidades, tais como, uma maior aplicabilidade, uma vez que o sistema pode ser utilizado em qualquer edifício que se pretenda estudar e pode ser transportado sem muito transtorno. É um sistema com um *design* cuidadoso, atendendo a alguns padrões utilizados em equipamentos eletrónicos. Quanto possível, inovador, uma vez que já existia um sistema. Não obstante, este apresenta características que aumentam e expandem a sua utilização.

Conclui-se que o manual de utilizador do sistema de aquisição de dados vem apoiar as utilizações futuras do novo sistema. O manual contém toda a informação necessária para se realizar uma monitorização, utilizando o sistema e o respetivo *software*, *EZ Data Logger*. Assim, existe um registo disponível para qualquer utilizador, sem que haja a possibilidade de se perder informação sobre qualquer processo que respeite a utilização correta do sistema de aquisição de dados para uma boa monitorização.

Uma vez que o sistema de aquisição de dados se encontrava fixo na célula de teste da Universidade de Aveiro e tendo sido esta utilizada em vários estudos académicos, surgiu a necessidade de propor medidas para reabilitar a célula de teste para que esta volte a ficar apta à continuação de estudos dentro desse âmbito. Após uma análise cuidada das limitações da

célula de teste, verificou-se a necessidade de combater o sobreaquecimento desta, assim como prevenir os atos de vandalismo a que ocasionalmente está sujeita.

Como proposta de trabalho futuro, sugere-se a utilização do sistema de aquisição de dados, apoiado pelo manual, de forma a verificar se este se mantém coerente com os valores registados na estação meteorológica da Universidade de Aveiro. Dada a sua portabilidade, seria interessante relacionar a orientação dos edifícios com o conforto térmico. Sugere-se ainda, a aquisição de um termómetro de globo e um anemómetro de esfera quente, uma vez que, a temperatura radiante e a velocidade do ar no interior, são os únicos parâmetros em falta para se poder calcular índices de conforto térmico.

Em relação à célula de teste, propõe-se um estudo mais aprofundado das suas necessidades, como a sua realocização, verificar se há perdas térmicas pelas extremidades da infraestrutura, assim como estudar os valores concretos para os parâmetros necessários à construção de uma pala de sombreamento adequada, tendo em vista diminuir as altas temperaturas registadas no interior da célula de teste.

## 8. Bibliografia

- Anacleto, A. M. C. (2007). *Temperatura e sua medição*. Master's thesis, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Retrieved from [http://www.fc.up.pt/fcup/contactos/teses/t\\_000355002.pdf](http://www.fc.up.pt/fcup/contactos/teses/t_000355002.pdf)
- Carvalho, J. M. V. (2013). *Metodologias de Monitorização de Consumos*. Master's thesis, Faculdade de Engenharia do Porto. Retrieved from <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/69179/2/26395.pdf>
- Darrera. (2011). Wind turbine. Retrieved from <https://www.darrera.com/archivos/productos/adjuntos/3r-jwt-wind-turbine-brochure-rev-a.pdf>
- Delta OHM. (2000). LP Pyra 02 - LP Pyra 03 - LP Pyra 12. Retrieved from [http://www.deltaohm.com/ver2012/download/LP\\_PYRA02\\_03\\_12\\_it.pdf](http://www.deltaohm.com/ver2012/download/LP_PYRA02_03_12_it.pdf)
- Delta OHM. (2013). HD 9008TRR, HD 9009TRR, HD 9007 Temperature and humidity transmitters, multiplate radiation shield. Retrieved from [http://www.naturchem.cz/assets/documents/Catalogue\\_DeltaOhm2/Humidity/Humidity\\_UK.pdf](http://www.naturchem.cz/assets/documents/Catalogue_DeltaOhm2/Humidity/Humidity_UK.pdf)
- FFONSECA. (2017). Guia Técnico de sondas de temperatura. Retrieved from [https://www.ffonseca.com/imgs/configurador/102020\\_1\\_3364\\_Guia-tecnico-de-sondas-de-temperatura.pdf](https://www.ffonseca.com/imgs/configurador/102020_1_3364_Guia-tecnico-de-sondas-de-temperatura.pdf)
- Fraden, J. (2004). *Handbook Of Modern Sensors Physics, Designs, and Applications* (Third). Retrieved from <http://www.kelm.ftn.uns.ac.rs/literatura/si/pdf/HandbookOfModernSensorsPhysicsDesignAndApplications.pdf>
- Gonçalves, H., & Graça, J. M. (2004). *Conceitos bioclimáticos para os edifícios em Portugal*. <https://doi.org/10.1590/S0034-71672006000500016>
- Hansman, J. J. (1999). Characteristics of Instrumentation. In J. G. Webster (Ed.), *The Measurement, Instrumentation and Sensors* (pp. 25–32).
- Hukseflux Thermal Sensors. (2016). USER MANUAL HFP01 & HFP03. Retrieved from [https://www.hukseflux.com/sites/default/files/product\\_manual/HFP01\\_HFP03\\_manual\\_v1721.pdf](https://www.hukseflux.com/sites/default/files/product_manual/HFP01_HFP03_manual_v1721.pdf)
- Liu, J., Li, Y., & Zhao, H. (2010). A Temperature Measurement System Based on PT100. 2010

- International Conference on Electrical and Control Engineering*, 296–298.  
<https://doi.org/10.1109/iCECE.2010.79>
- McConnell, E., & Jernigan, D. (2003). Control and Instrumentation Technology. In R. C. Dorf (Ed.), *The Electrical Engineering Handbook Series* (second, pp. 1915–2003).  
[https://doi.org/10.1016/S1571-5078\(08\)00422-4](https://doi.org/10.1016/S1571-5078(08)00422-4)
- Me, J., & Regelgeräte, G. (2012). Hygro Transducer / Hygrothermal Transducer Wall-mounted and duct version ( version B ). Retrieved from file:///C:/Users/Asus/Downloads/b90.7021\_21+31de-en\_Hygro-Hygrothermogeber\_Wand-\_und\_Kanalausfuehrung\_Version\_B.pdf
- METCASE. (2017). Metal Enclosures. Retrieved from <https://www.metcaseusa.com/en/technical-info/metcase-catalog-download>
- Monteiro, C. S. da S. (2014). *Estudo de um edifício solar passivo de ganho direto usando um PCM*. Master's thesis, Universidade de Aveiro. Retrieved from [ria.ua.pt/bitstream/10773/14529/1/Estudo de um edifício solar passivo de ganho direto usando um PCM.pdf](http://ria.ua.pt/bitstream/10773/14529/1/Estudo%20de%20um%20edif%C3%ADcio%20solar%20passivo%20de%20ganho%20direto%20usando%20um%20PCM.pdf)
- Nogueira, L. C. C. B. (2013). *Estudo de um edifício solar passivo com parede de Trombe usando PCMs*. Universidade de Aveiro. Master's thesis, Universidade de Aveiro. Retrieved from [http://ria.ua.pt/bitstream/10773/14522/1/Estudo de um edifício solar passivo com Parede de Trombe usando PCM.pdf](http://ria.ua.pt/bitstream/10773/14522/1/Estudo%20de%20um%20edif%C3%ADcio%20solar%20passivo%20com%20Parede%20de%20Trombe%20usando%20PCM.pdf)
- Palhinha, M. S. J. (2009). *Sistemas de sombreamento em arquitectura: Proposta de um novo método de concepção e dimensionamento*. Master's thesis, Universidade Técnica de Lisboa. Retrieved from <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395138397223/Dissertacao.pdf>
- PORDATA. (2018). Consumo de energia eléctrica: total e por tipo de consumo. Retrieved from <https://www.pordata.pt/Portugal/Consumo+de+energia+eléctrica+total+e+por+tipo+de+consumo-1124>
- Radetic, R., Pavlov-Kagadejev, M., & Milivojevic, N. (2015). The analog linearization of Pt100 working characteristic. *Serbian Journal of Electrical Engineering*, 12(3), 345–357.  
<https://doi.org/10.2298/SJEE1503345R>
- Rodrigues, M. D. C. B. P. (2011). *Eficiência Energética no Setor Residencial. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica - Energia e Ambiente da Universidade de Coimbra*. Retrieved from [https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/20116/1/Eficiência Energética no Setor Residencial.pdf](https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/20116/1/Eficiência%20Energética%20no%20Setor%20Residencial.pdf)
- Rusby, R. (2012). *The Beginner's Guide to Temperature Measurement*. Retrieved from

[http://www.npl.co.uk/upload/pdf/Beginner's guide to temperature measurement v1\\_1.pdf](http://www.npl.co.uk/upload/pdf/Beginner's guide to temperature measurement v1_1.pdf)

Silva, T. M. R. (2016). *Análise numérica e experimental para o desenvolvimento de uma proteção solar com incorporação de materiais de mudança de fase*. Master's thesis, Universidade de Aveiro. Retrieved from <http://ria.ua.pt/handle/10773/17346>

Sirgado, J. F. C. (2010). *Análise do impacte dos vãos envidraçados no desempenho térmico dos edifícios*. Master's thesis, Universidade Técnica de Lisboa. Retrieved from <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395142097434/dissertacao.pdf>



# Anexo A- Instalação do *Driver* de comunicação

No presente anexo é apresentado o processo de instalação da *Driver* de comunicação entre sistema de aquisição de dados e o *EZ Data Logger*. De forma a auxiliar a instalação do programa *EZ Data Logger* noutro computador portátil.

Em primeiro lugar é necessário fazer o *download* do *Driver* O I-7561 que permite a conexão entre o sistema de aquisição de dados e o computador. O *link* para o respetivo *download* encontra-se abaixo.

[http://www.icpdas.com/root/product/solutions/industrial\\_communication/converter/i-7561.html](http://www.icpdas.com/root/product/solutions/industrial_communication/converter/i-7561.html)

Existem várias versões para os sistemas operativos dos respetivos computadores. Após o *download* deve seguir-se as seguintes etapas.

## I. Ir à pasta 'Este PC'

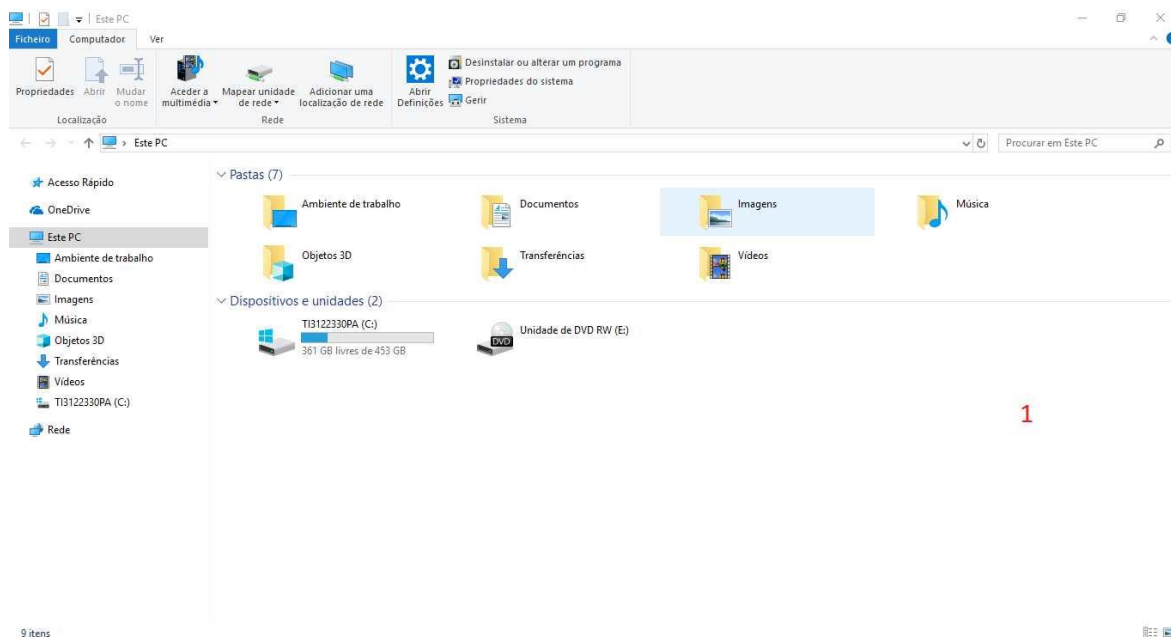


Figura A.1. Representação esquemática do primeiro passo.

II. No tópico ‘Este PC’ clicar no botar direito e seleccionar “propriedades”.

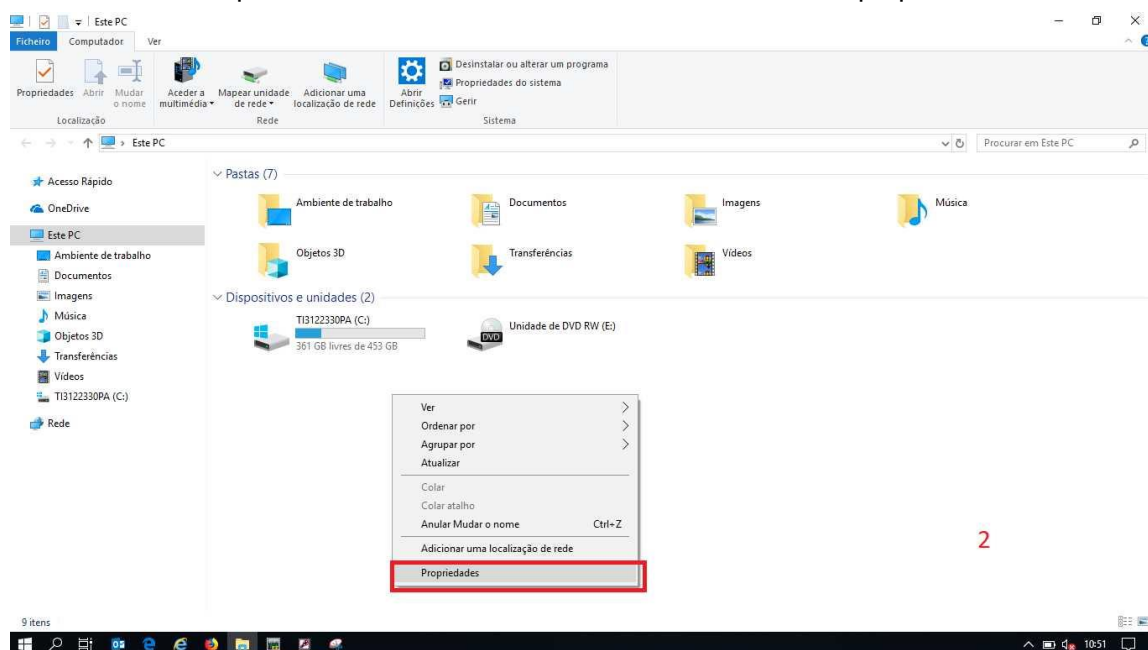


Figura A.2. Representação esquemática do segundo passo.

III. Abrirá uma janela do painel de controlo, é necessário seleccionar a opção ‘Gestor de Dispositivos’.

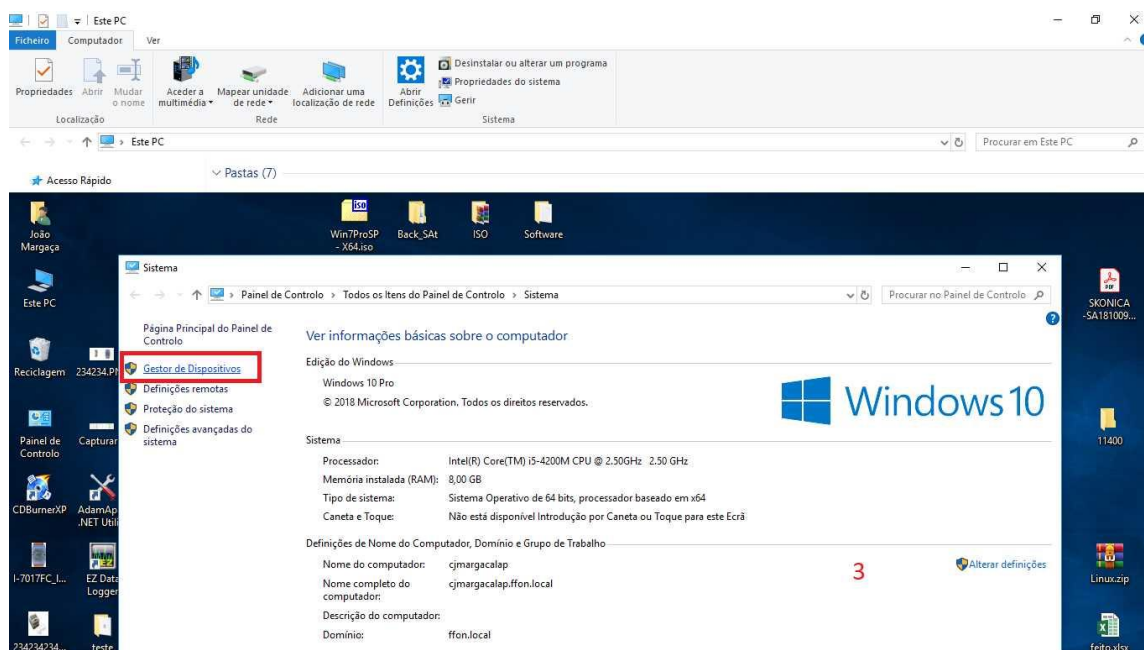
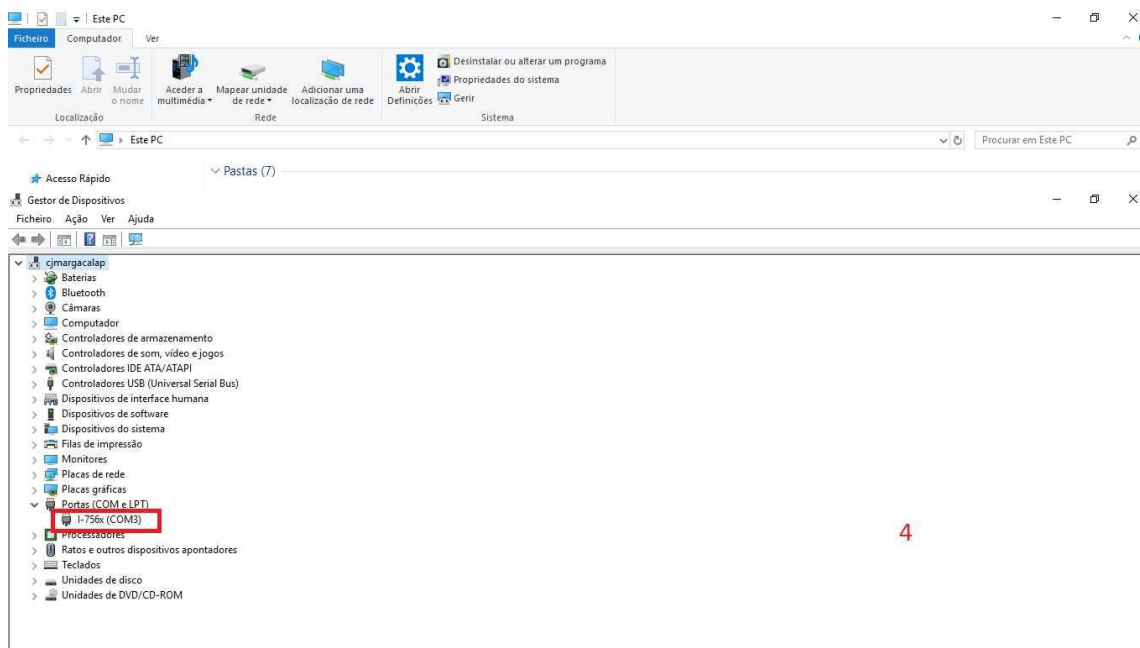


Figura A.3. Representação esquemática do terceiro passo.

IV. Por fim é necessário seleccionar ‘Portas Com e LPT’ e seleccionar o *Driver* instalada no computador I-756.





**Figura A.4.** Representação esquemática do quarto passo.

Após estes quatro passos a instalação do *Driver* está finalizada, e comunicação entre o sistema de aquisição de dados e o *software* ocorre sem problemas.



## Anexo B- Opção de visualização em tempo real 'Layout' do *software*.

No presente anexo são apresentadas as imagens relativas à opção 'Layout' para visualização de dados em tempo real do *software* *EZ Data Logger*.

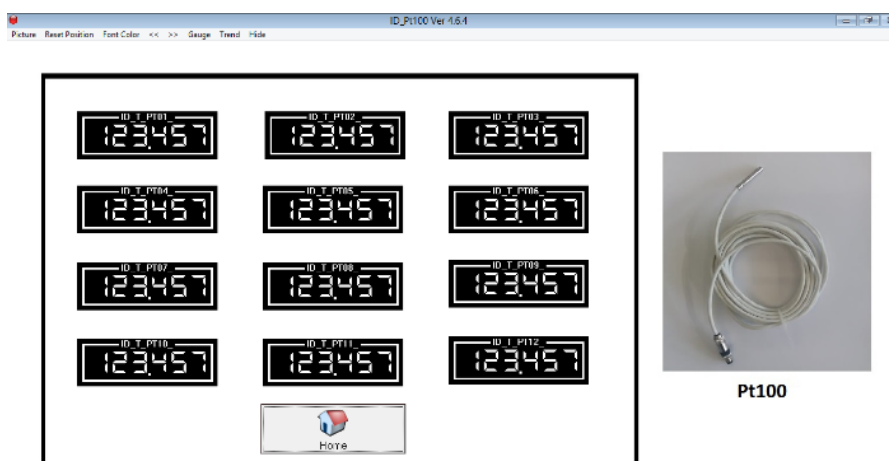


Figura B. 1. Opção de visualização de dados em tempo real 'Layout' para as sondas Pt100.

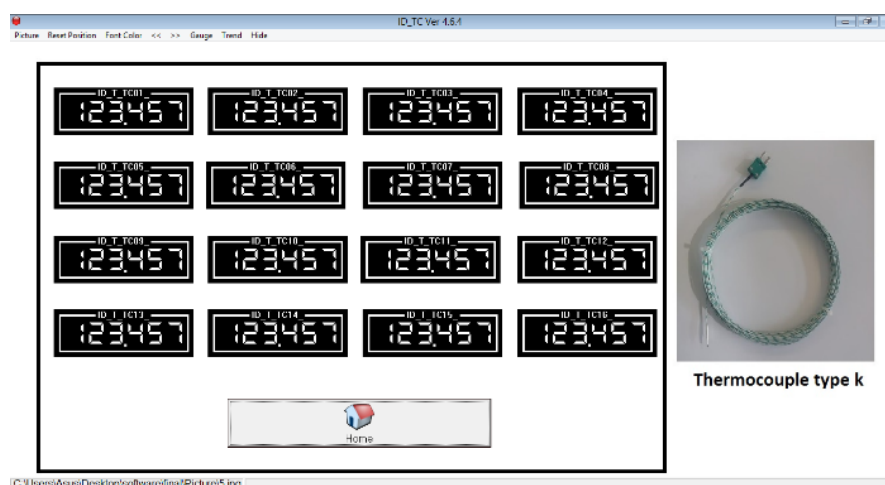
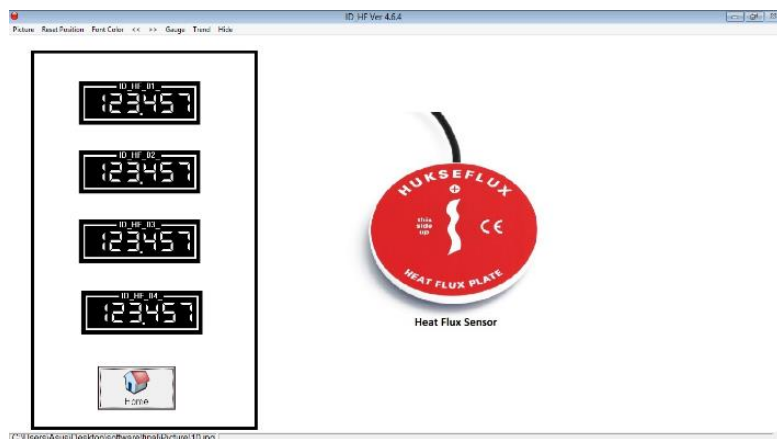
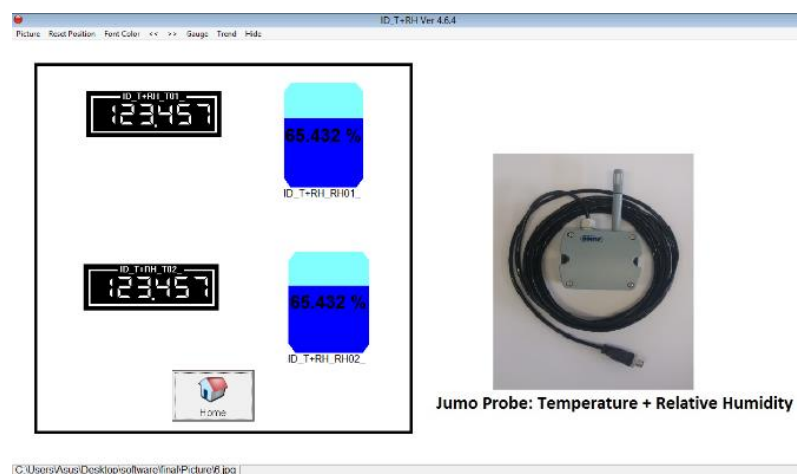


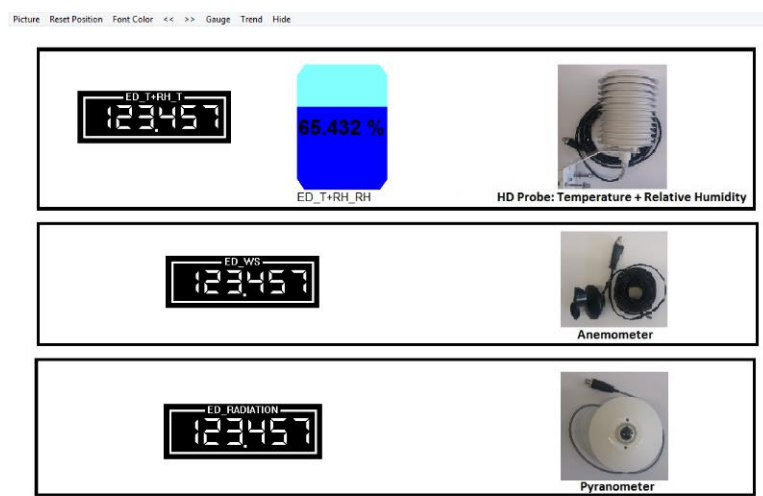
Figura B. 2. Opção de visualização de dados em tempo real 'Layout' para termopares.



**Figura B. 3.** Opção de visualização de dados em tempo real 'Layout' para fluxímetros.



**Figura B. 4.** Opção de visualização de dados em tempo real 'Layout' para sonda de temperatura e humidade relativa no interior.



**Figura B. 5.** Opção de visualização de dados em tempo real 'Layout' para sensores de exterior, sonda de temperatura e humidade relativa no exterior, anemómetro e piranómetro.